جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للمناهج





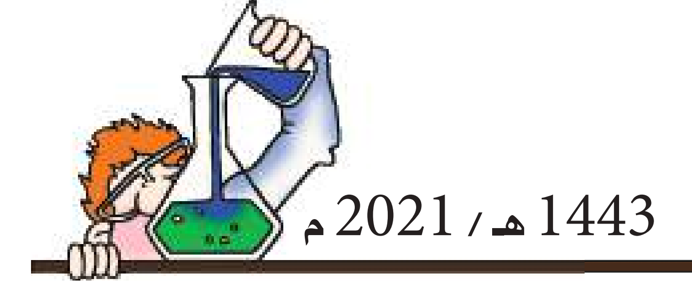
الكيمياء

CHEMISTRY

للصف الرابع العلمي

تأليف

أ.د. عمار هاني الدجيلي | أ.د. مهند جميل محمود
د. سمير حكيم كريم | سالم محمد سيد النصراوي
هدى صلاح كريم | خلود مهدي سالم
ماجد حسين الجصاني | باسل ابراهيم الشوك
اسامة مرتضى الخالصي | كريم عبدالحسين الكناني



الطبعة الحادية عشرة

1443 هـ / 2021 م

المشرف العلمي على الطبع
خلود مهدي سالم

المشرف الفني على الطبع
م.م. نور فخري خلف





مقدمة

علم الكيمياء - بتخصصاته الدقيقة المتنوعة - حجر الاساس والمحفز الاول في تطوير العلوم الطبيعية كلها مثل الفيزياء والجيولوجي وعلوم الحياة وغيرها.. فما التطور في شتى مجالات الحياة، الا واساسه معرفة تركيب المادة وخواصها وتصنيع الاف المواد الجديدة المشتقة من المواد الاولية المحدودة وفقاً لحاجة المجتمع.

وقد اتصف محتوى كتاب الكيمياء للصف الرابع العلمي بالآتي:

أولاً: عمق المادة العلمية المتناسبة مع الساعات المحددة للتنفيذ آخذين بنظر الاعتبار المزاوجة بين المبادئ والمفاهيم الاساسية في الكيمياء واحدث النظريات والتطبيقات العملية.

ثانياً: التوسع الافقي والعمودي في المعلومات وفقاً لعمر الطالب وما درسه مسبقاً مع ربط المعلومات بالبيئة المحلية والصناعات العراقية والتقدم العلمي العالمي - ما أمكننا ذلك.

ثالثاً: الجانب العملي ودوره الأساس في دراسة الكيمياء .وفي هذا المجال توصي اللجنة بالآتي:

1 - من الضروري جداً اجراء التجارب المختبرية المنهجية بالامكانات المتوفرة وتقليل الاعتماد على المادة النظرية الصرفة، أبعاداً للملل والسأم عن الطلبة.

2 - تشجيع الطلبة على توسيع معلوماتهم عن طريق التقارير المستندة الى معلومات المكتبة المدرسية ووسائل الإعلام المتنوعة الاخرى والتشجيع على البحث والتقصي.

3 - استثمار موارد البيئة المتاحة في التجارب وإثراء المعلومات وربط الطلبة ببيئتهم المحلية - كيميائياً وتعويدهم على السعي من اجل كيمياء خضراء وبيئة نظيفة فعلياً.

4 - تنظيم سفرات نوعية (علمية ترفيهية) في الوقت نفسه الى المعامل والمصانع القريبة من المدرسة لإطلاع الطلبة - ميدانياً - على خطوات التصنيع وكيفية تحويل المواد الأولية أو نصف المصنعة الى مواد جديدة يفيد منها المجتمع ... ومطالبة الطلبة بتقارير علمية عن هذه الزيارات (يكافؤون عنها) .

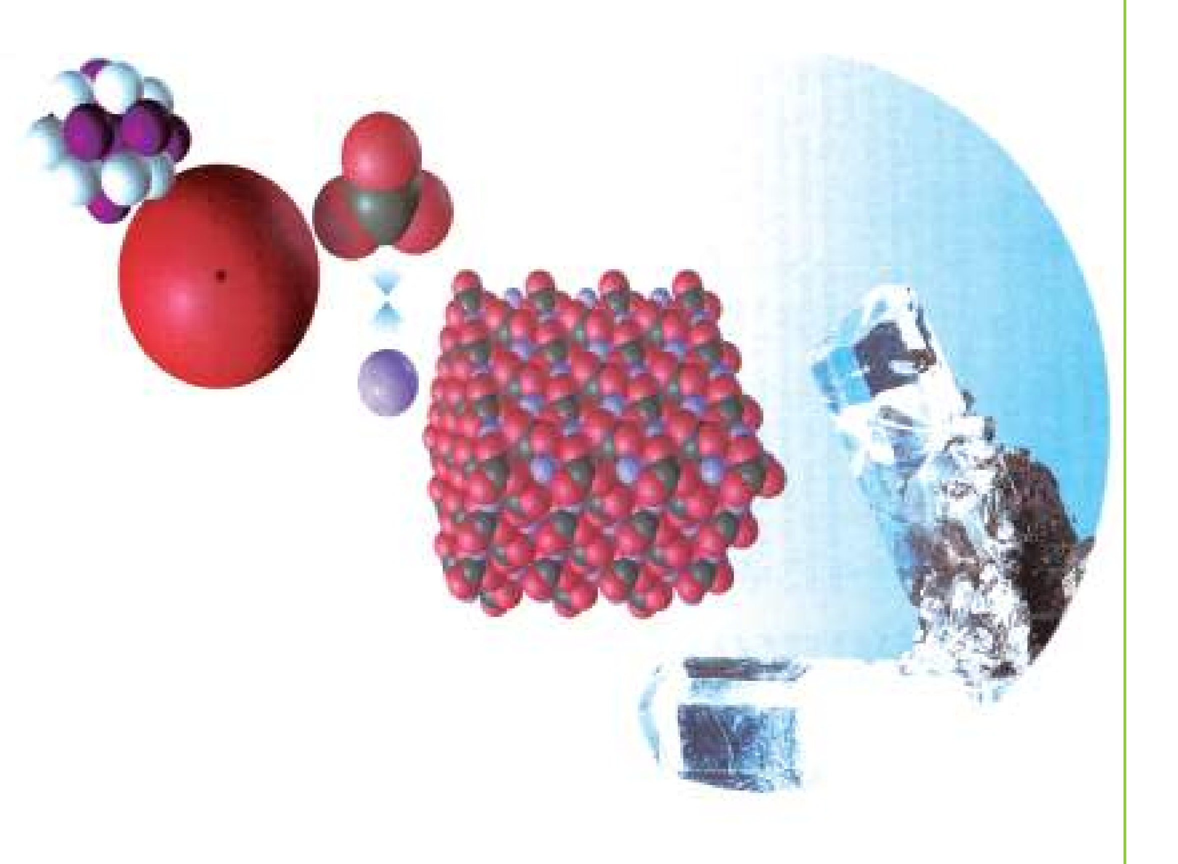
نأمل من اخواننا المدرسين ومن له شأن بمادة الكتاب موافاة المديرية العامة للمناهج بما يستجد لديهم من مقترحات لتطوير وتنقيح محتوى الكتاب.

المؤلفون

الفهرس

1

المفاهيم الاساسية في الكيمياء
Basic Concepts in Chemistry



بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على ان : –

- يتفهم النظرية الذرية لدالتون وفرضياتها واستخدام قوانين الاتحاد الكيميائي في التعرف على تكون المركبات الكيميائية ونسب العناصر الثابتة فيها .
- يفهم ما يرمي اليه قانون غي ـ لوساك للحجوم الغازية المتفاعلة وعلاقته بفرضية افوكادرو .
- يعرف المصطلحات الاساسية: التكافؤ ، الكتلة الذرية ، الكتلة المكافئة والعلاقة بينهما ويتمكن من معرفة مفهوم المول والكتلة المولية وعدد افوكادرو والعلاقة بينهما.
- يستطيع التوصل الى معرفة الصيغ الكيميائية الوضعية والجزيئية للمركبات وكيفية ايجادها من حساب النسبة المئوية للعناصر الداخلة في تركيب المركبات.

1-1 النظرية الذرية لدالتون Dalton's atomic theory

ادت الأبحاث والأكتشافات العلمية والكيميائية، والتي جرت في نهاية القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر، الى معرفة أن المادة تتكون من ذرات، وأن إختلاف نوع الذرة وعددها هو الذي يحدد صفات ونوع الجزيئات التي تؤلفها ، أي تحدد صفات المادة. وهذا ما ساعد العالم الانكليزي جون دالتون (Dalton) إلى اعلان النظرية الذرية للمادة عام 1803م وسميت بالنظرية الذرية لدالتون والتي تضمنت الفرضيات الآتية:

1-أن المادة تتكون من دقائق صغيرة غير قابلة للتجزئة تسمى «ذرات» (وقد تمكن العلماء فيما بعد من تجزئتها).

2- أن الذرات لاتفنى ولايمكن تخليقها، ضمن النطاق البشري.

3- ذرات العنصر الواحد متشابهة في كافة خواصها الفيزيائية والكيميائية وتختلف عن ذرات العناصر الأخرى.

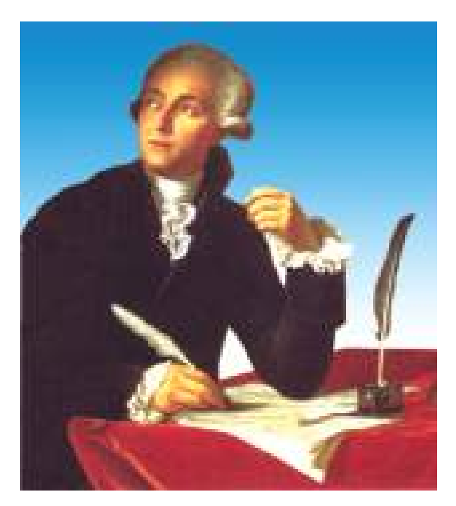
4- تتكون الذرات المركبة (كما دعاها دالتون) من اتحاد ذرات العناصر بنسب عددية بسيطة. وبعد ثمانية سنوات أدخلت بعض التعديلات عليها، حيث استبدل التعبير "الذرات المركبة" بكلمة " الجزيئات" من قبل العالم الايطالي افوكادرو (Avogadro) ويجب ان يكون فهمنا لهذه الفرضيات في الفترة الزمنية التي جاء بها دالتون، في النصف الاول من القرن التاسع عشر، حيث التقدم العلمي الذي حصل فيما بعد وخصوصاً خلال القرن العشرين، قد أدى الى اعادة صياغة هذه الفرضيات بصورة أكثر دقة، إلأ أن ذلك لم يؤثر مطلقاً على معانيها الأساسية. وقد كان غرض دالتون من صياغة بنود هذه النظرية هو لتفسير هذه التغيرات الكيميائية التي تحدث على المادة وقوانين الاتحاد الكيميائي التي تحكمها.



جون دالتون « 1766م- 1844م » ولد من أب حائك فقير، وقد عمل في سن مبكرة. بيد أنه كان يمضي جلَّ فراغة في دراسة الرياضيات والعلوم الطبيعية اللاتينية. أهتم بدراسة علم الاحوال الجوية ومنذ عام 1787 وحتى وفاته سجل اكثر من 200000 ملاحظة، وقد قاده اهتمامه هذا لان يتحرى عن خواص الغازات فأكتشف قانون الضغوط الجزئية لها واستنتج أيضاً ان انحلال غاز في مزيج من جملة غازات يتناسب وضغطه الجزئي ومنذ عام 1803 م عمل على تطوير نظريته الذرية، فوضع قانون النسب المضاعفة كما ادخل مفهوم الكتلة الذرية النسبية .

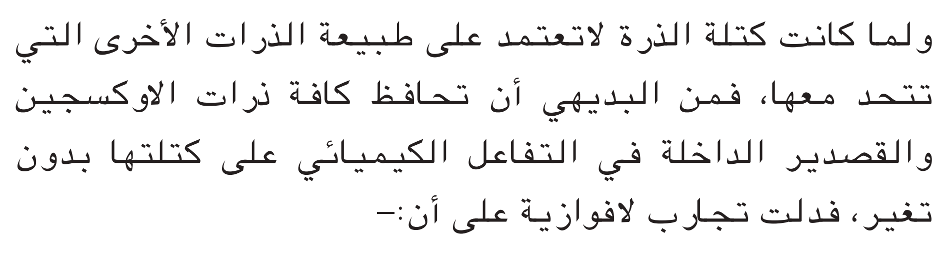
1-2 قوانين الاتحاد الكيميائي

نتيجة لتطور المعرفة العلمية والاكتشافات الجديدة والقائمة والمعتمدة على التجارب العملية والاستنتاجات العلمية ادت الى تفسير تركيب المادة وصياغة قوانين الاتحاد الكيميائي في النصف الثاني من القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر .



لافوازية 1743–1794 قانون حفظ الكتلة .

ان اول هذه القوانين هو قانون حفظ الكتلة (Law of mass conservation) الذي اجاب عن سؤال ماذا يحدث للمادة أثناء تفاعلها الكيميائي؟. أيمكن ان تفنى أو تخلق؟ فهل ان كتلة المواد المتفاعلة تختلف عن كتلة المواد الناتجة من التفاعل ، أم تساويها؟. للاجابة على كل تلك الأسئلة، قام العالم الفرنسي لافوازية (Lavoisier) 1743–1794 بأكسدة القصدير في وعاء مغلق، فوجد أن كتلة الوعاء المغلق تبقى ثابتة دون تغير، لانه قد تم تفاعل كيميائي بين القصدير والاوكسجين وتكونت جزيئات جديدة هي أوكسيد القصدير(II).



ولما كانت كتلة الذرة لاتعتمد على طبيعة الذرات الأخرى التي تتحد معها، فمن البديهي أن تحافظ كافة ذرات الاوكسجين والقصدير الداخلة في التفاعل الكيميائي على كتلتها بدون تغير، فدلت تجارب لافوازية على أن:–

"كتلة المادة لاتفنى ولاتخلق أثناء التفاعل الكيميائي" أي أن:–



كتل المواد المتفاعلة = كتل المواد الناتجة من التفاعل

يعتبر العالم العربي ابو القاسم المجريطي «950–1007م» اول من برهن على صحة هذا القانون، فلقد لاحظ عند تسخين كمية موزونة من عنصر الزئبق في وعاء زجاجي مغلق وبوجود الهواء سيتحول الزئبق الى مسحوق أحمر ناعم دون حدوث تغير في الكتلة الكلية للمواد المتفاعلة داخل الوعاء.وقد اعاد لافوازية وتوصل الى نفس استنتاج المجريطي ثم وضع قانون حفظ الكتلة.

مثال 1-1 :

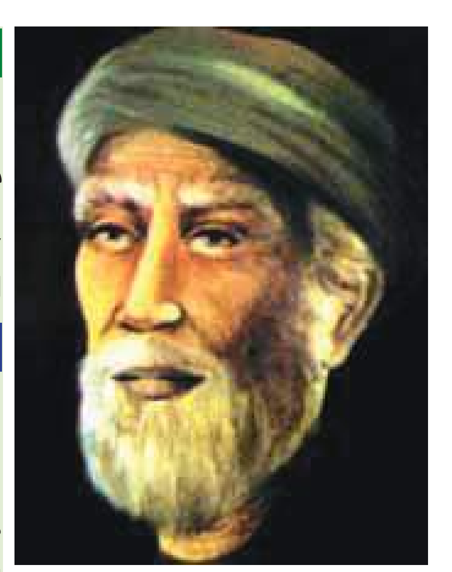
أمرر 73 g من غاز HCl في محلول يحتوي على 158 g من ثايوكبريتات الصوديوم فتكون 117 g من ملح الطعام و 64 g من غاز SO_2 و 32 g غم من الكبريت و 18 g من الماء. برهن أن هذه النتائج تؤيد قانون حفظ الكتلة؟

الحـــــل :

مجموع كتل المواد المتفاعلة = 158 + 73 =231 g

مجموع كتل المواد الناتجة = 117+64+32+18 =231 g

مجموع كتل المواد الداخلة في تفاعل = مجموع كتل المواد الناتجة من التفاعل وهذا ما يتفق مع قانون حفظ الكتلة .



ابو القاسم مسلمة بن احمد المجريطي 950–1007م . ولد في بلاد الاندلس وتوفي فيها، وهو الذي يعد أحد رواد صناعة الكيمياء، في المغرب العربي ومن آثاره كتاب « غاية الحكيم » وكتاب « رتبة الحكيم » حيث لاحظ بانه عندما سخن ربع رطل « وهو معيار قديم » من عنصر الزئبق في وعاء زجاجي مغلق يشبه البيضة وبوجود الهواء (الاوكسجين) تحول الزئبق الى مسحوق احمر ناعم نعرفه اليوم بأوكسيد الزئبق(II) دون أن يحدث تغيير في الكتلة الكلية للمواد المتفاعلة.

يمكن تلخيص قوانين الاتحاد الكيميائي الاخرى بفكرة واحدة هي اتحاد العناصر بنسب وزنية ثابتة لتكوين المركبات. وكان العالم برواست (prust) اول من وضع قانون التراكيب الثابتة (Law of constant composition) والذي نص على ان "جميع العينات لمركب معين تمتلك نفس النسب من العناصر المكونة له" ولناخذ المثال الاتي :

اذا تفكك الماء فسنجد ان 16 g من الاوكسجين في العينة موجودة مقابل 2 g من الهيدروجين، او نسبة كتلة الاوكسجين الى الهيدروجين :

$$\text{النسبة} = \frac{16\ g\ (O)}{2\ g\ (H)} = 8$$

وهذه النسبة سنجدها في كل عينة من عينات الماء النقي بغض النظر عن المصدر الذي اخذت منه اوباي طريقة تم تحضيره (الشكل 1-1)تمتلك المركبات تركيباً ثابتاً. يمتلك الماء باي طريقة على نسبة ثابتة من الهيدروجين للاوكسجين بغض النظر من اي مصدر جاء.



الشكل 1 – 1

لا يطبق قانون التراكيب الثابتة على الماء فقط ولكن على جميع المركبات الكيميائية . لناخذ الامونيا التي تتركب من النتروجين والهيدروجين . تحتوي الامونيا على 14 g من النتروجين لكل 3 g من الهيدروجين ، اي نسبة كتلة النتروجين الى الهيدروجين تساوي :

$$\text{النسبة} = \frac{14\ g\ (N)}{3\ g\ (H)} = 4.7$$

وهذه النسبة كذلك صحيحة لاي عينة من عينات الامونيا مهما كان مصدرها وطريقة تحضيرها .

مثال 1-2 :

تم الحصول على عينتين من ثنائي اوكسيد الكاربون من مصدرين مختلفين . وتم تفكيكهما الى مكوناتها من العناصر. احتوت العينة الاولى 4.8 g من الاوكسجين و 1.8 g من الكاربون بينما احتوت العينة الاخرى 17.1 g من الاوكسجين 6.4 g من الكاربون . بين ان هذه النتائج تتوافق مع قانون التراكيب الثابتة .

الحـــل :

نسبة كتلة الاوكسجين الى الكاربون في العينة الاولى

$$\text{النسبة} = \frac{4.8\ g\ (O)}{1.8\ g\ (C)} = 2.7$$

نسبة كتلة الاوكسجين الى الكاربون في العينة الثانية

$$\text{النسبة} = \frac{17.1\ g\ (O)}{6.4\ g\ (C)} = 2.7$$

وبما ان النسبة هي نفسها للعينتين ، معنى ذلك ان هذه النتائج تتوافق مع قانون التراكيب الثابتة .

تمرين (1-1)

تم تحليل عينيتين من احادي اوكسيد الكاربون تم الحصول عليهما من مصدرين مختلفين . احتوت العينة الاولى على 4.3 g من الاوكسجين و 3.2 g من الكاربون . بينما احتوت العينة الثانية 7.5 g اوكسجين و 5.6 g من الكاربون. هل تحقق هذه النتائج قانون التراكيب الثابتة .

1-3 قانون غي- لوساك للحجوم الغازية المتفاعلة
Gay-Lussac Law of Combining Gas Volumes

لقد اشتغل العالم الفرنسي غي-لوساك (Joseph Gay- Lussac) كثيراً في تفاعل الغازات فرأى ان هناك علاقة بين حجوم الغازات الداخلة في التفاعل الكيميائي والناتجة منه تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة، وبقياس حجوم الغازات المتفاعلة والناتجة عن التفاعل صاغ نتائج تحرياته في عام 1808 م بالتعميم الأتي:

" تتناسب حجوم الغازات الداخلة في التفاعل الكيميائي أو الناتجة منه مع بعضها البعض تناسباً عددياً بسيطاً اذا ما قيست تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة"

فمثلاً :

1 -يتحد حجم واحد من الهيدروجين مع حجم واحد من الكلور ويتكون حجمان من غاز كلوريد الهيدروجين، فالنسبة بين حجمي الغازين المتحدين وحجم الغاز الناتج هي 2:1:1 كما في المعادلة الكيميائية الأتية :

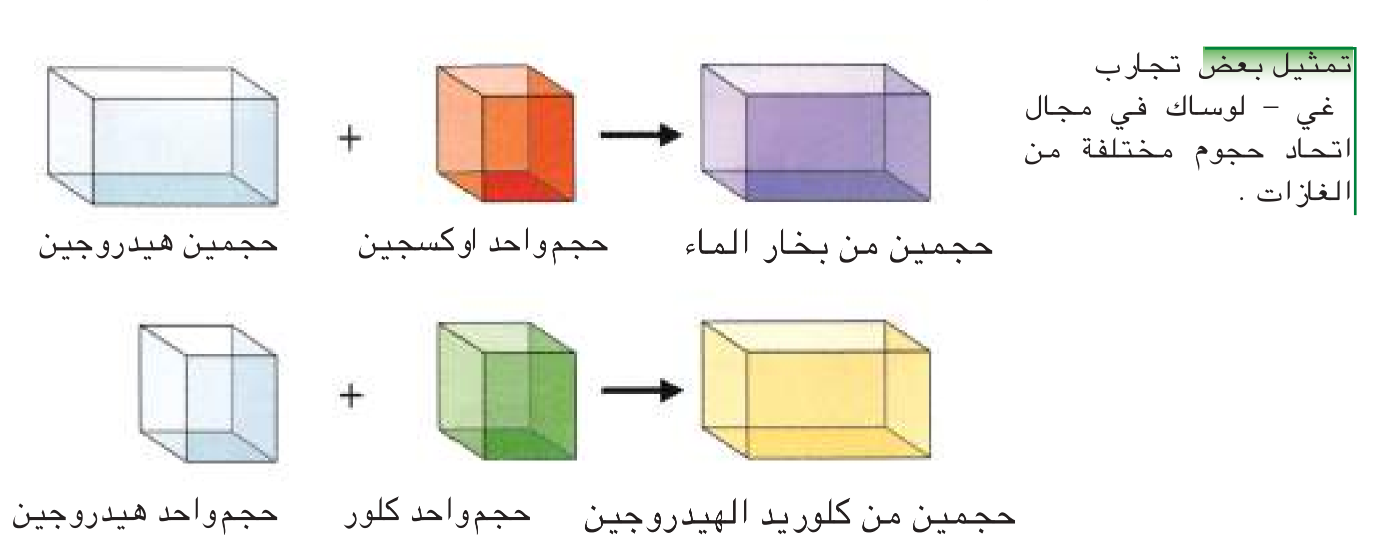
$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$$

2 -عند تحليل الماء كهربائياً يكون حجم الهيدروجين المتحرر مساوياً ضعف حجم الاوكسجين، كما أنه يتحد حجمين من الهيدروجين بحجم واحد من الاوكسجين وينتج حجمان من بخار الماء.

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

فالنسبة بين حجمي الغازين المتحدين وحجم بخار الماء الناتج هي 2:1:2 فتكون نسبة عددية بسيطة.

ويمكن تمثيل ماسبق بالاشكال الاتية :



تمثيل بعض تجارب غي - لوساك في مجال اتحاد حجوم مختلفة من الغازات .

4-1 فرضية أفوكادرو Avogadro's Hypothesis

في عام 1811 م توصل العالم الايطالي افوكادرو الى ان جزيئات العناصر الغازية قد تتكون من اكثر من ذرة واحدة، اي قد تتكون من ذرتين، اي ان جزيء العنصر الغازي هو جزيء ثنائي الذرة، حيث ادخل مفهوم جزيء (molecule) كأصغر جزء من المادة يمكن ان يوجد بصورة مستقلة، والابقاء على مفهوم الذرة كأصغر جزء من العنصر يوجد في جزيئات مختلف المركبات، وقد اكد على ان جزيئات المواد البسيطة ليست بالضرورة متماثلة مع ذرات العنصر، بل انها على عكس ذلك قد تتكون من عدة ذرات متماثلة. كانت فرضية افوكادرو الاساسية كالاتي :

”تحوي الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة والمقاسة في نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة، اعداداً متساوية من الجزيئات“.

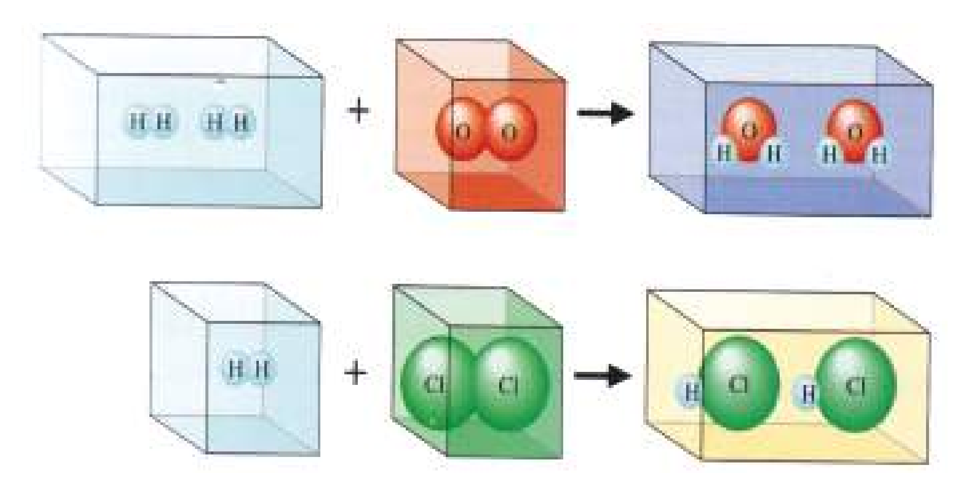
لم تقتصر فرضية افوكادرو على تفسير النسب البسيطة والكائنة ما بين حجوم الغازات الداخلة في التفاعل والناتجة عنه فحسب، بل قدمت ايضاً بعض النتائج الهامة المتعلقة بعدد الذرات في جزيئات الغازات البسيطة والمعقدة، ممهدة بذلك امام تعين الكتل الذرية الحقيقية. لقد افترض افوكادرو ان عدداً ثابتاً من الذرات يتحد من كل عنصر لتكوين جزيء منه. وعلى نفس النهج تكون جزيئات المركبات، سوى ان الذرات التي تؤلف جزيء المركب ليست من نوع واحد، فمثلاً : عند اتحاد حجم من غاز الهيدروجين مع حجم مسوٍ له من غاز الكلور نحصل على حجمين من غاز كلوريد الهيدروجين اي نحصل على :

$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$$

ويتحد حجمان من غاز الهيدروجين مع حجم واحد من غاز الاوكسجين لنحصل على حجمين من بخار الماء .

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

وان هذا لا يناقض نظرية دالتون الذرية ، فعليه يجب ان يتكون جزيء الهيدروجين من ذرتين وكذلك جزيء الكلور والاوكسجين تتكونان من ذرتين ايضاً، اما جزيء كلوريد الهيدروجين فانها تتكون من ذرة كلور واحدة متحدة مع ذرة واحدة من الهيدروجين، وجزيء بخار الماء فانها تتكون ايضاً من ذرتي هيدروجين مع ذرة واحدة من الاوكسجين.



تمثيل اتحاد الغازات بمستوى الجزيئات . الكرات تمثل الذرات في الجزيئات .

5-1 التكافؤ Valance

إن صيغ المركبات الكيميائية، ليست وليدة الصدفة، وانما هي معتمدة على كيفية ارتباط الذرات مع بعضها في جزيئات تلك المركبات . وقد وجد انه هناك حد معين لقدرة ذرات عنصر معين للاتحاد مع ذرات عنصر اخر، وتسمى القدرة الاتحادية للعنصر في مركباته ، أو عدد ذرات الهيدروجين التي تتحد مباشرة مع ذرة واحدة من العنصر بـ "التكافؤ" . تتباين ذرات العناصر الكيميائية في قابليتها للارتباط بعدد محدد من الذرات الاخرى، لذلك ادخل مفهوم تكافؤ العنصر في علم الكيمياء لاول مرة في منتصف القرن التاسع عشر. يمكن تعريف التكافؤ لعنصر ما في الوقت الحالي بانه :-

"عدد الالكترونات الموجودة في الغلاف الخارجي لذرة العنصر والتي تستطيع فقدها أو اكتسابها أو الاشتراك بها اثناء التفاعل الكيميائي".

فمثلاً : ان تكافؤ الهيدروجين يعتبر واحداً لوجود الكترون واحد في غلافه الخارجي قابل للمشاركة، ويكون تكافؤ الاوكسجين في الماء H_2O يساوي 2 وذلك لوجود 6 الكترونات في غلافه الخارجي، فذرته تميل لاكتساب الكترونين لاشباع غلافها الخارجي وكذلك يكون الصوديوم احادي التكافؤ لانه يفقد الكترون واحد من غلافه الخارجي، ويكون تكافؤ المغنسيوم ثنائي لانه يفقد الكترونين من غلافه الخارجي، ويكون تكافؤ الكلور احادي لانه يكتسب الكترون واحد لغلافه الخارجي وهكذا.

6-1 الكتلة الذرية Atomic Mass

تكون الذرات على درجة من الدقة والصغر بحيث يصعب معها تقدير كتلها الذرية ، ومع ذلك فقد امكن تعيين كتلتها بدقة كبيرة،فقدوجد مثلاًان كتلة نرة الهيدروجين تبلغ 1.64×10^{-24} g وقد امكن ايضاً الحصول على كتل الذرات النسبية من تعيين كتلة العناصر المتحدة مع عنصرآخر، بشرط ان يكون العدد النسبي للذرات في المركبات معلوماً، فعليه تستخدم الكتلة الذرية للتعبير عن كتلة عنصر ما بالنسبة لكتلة نرة عنصر اخر اتفق على استخدامه في تحديد الكتل النسبية لكل عناصر الجدول الدوري. وفي عام 1961م عقد في جنيف مؤتمر للاتحاد الدولي للكيمياء الصرفة والتطبيقية (IUPAC) وتم الاتفاق فيه على تعريف الوحدة القياسية للكتل الذرية والتي سميت بوحدة الكتلة الذرية (وكذ) (Atomic mass unit) (amu) على انها **مساوية لواحد من اثنا عشر جزئاً من كتلة ذرة نظير الكاربون 12** والذي اعتبرت كتلته الذرية مساوية 12 وحدة بالضبط وعلى هذا الاساس فأن :-

$$\text{وحدة الكتلة الذرية (وكذ) (amu)} = \frac{\text{كتلة ذرة نظير الكاربون 12}}{12}$$

$$\text{اي ان 1 (وكذ) (amu)} = \frac{1}{12}\ \text{من كتلة ذرة نظير الكاربون 12}$$

$$\text{وبما ان كتلة ذرة نظير الكاربون 12} = \frac{12}{\text{عدد افوكادرو}}$$

$$= \frac{12}{6.023\times10^{23}}$$

لذلك

$$1\ (\text{amu}) = \frac{1}{12}\times\frac{12}{6.023\times10^{23}}$$

$$1\ (\text{amu}) = 1.66\times10^{-24}\ \text{g}$$

وهكذا فان الكتل الذرية التي نستعملها اليوم ونجدها في الجدول الدوري، هي ليست كتل فعلية، بل كتل نسبية توضح العلاقة من حيث الكتل الذرية بين الذرات المختلفة. فالكتلة الذرية لنظير الهيدروجين 1 مثلاً هي $\frac{1}{12}$ من الكتلة الذرية لنظير الكاربون 12 اي حوالي 1 amu اما نواة الاوكسجين 16 فلها كتلة تساوي $\frac{16}{12}$ او $\frac{4}{3}$ من كتلة نظير الكاربون 12 وعندما تقدر الكتلة الذرية بالغرامات تدعى بالكتلة الذرية الغرامية .

فالكتلة الذرية الغرامية للاوكسجين = 16 g وللفضة = 107.9 g وان كل كتلة من هذه الكتل تحتوي على عدد افوكادرو من الذرات والذي يساوي 6.023×10^{23} ذرة فمثلاً:

1 g من الهيدروجين يحتوي على 6.023×10^{23} ذرة هيدروجين

39 g من البوتاسيوم يحتوي على 6.023×10^{23} ذرة بوتاسيوم

207g من الرصاص يحتوي على 6.023×10^{23} ذرة رصاص

اما الكتلة المطلقة للذرة فهي كتلة ذرة واحدة من العنصر. اي

$$\text{الكتلة المطلقة لذرة عنصر} = \frac{\text{الكتلة الذرية الغرامية للعنصر}}{\text{عدد افوكادرو}}$$

مثال 1–3 :

احسب الكتلة المطلقة لذرة الاوكسجين علماً بان كتلته الذرية تساوي 16

الحـــل :

$$\text{الكتلة المطلقة لذرة عنصر} = \frac{\text{الكتلة الذرية الغرامية للعنصر}}{\text{عدد افوكادرو}} = \frac{16}{6.023\times10^{23}}$$

$$=2.656\times10^{-23}\ g$$

7–1 الكتلة المكافئة Equivalent Mass

قادت دراسة قانون النسب الكتلية التي تتحد بموجبها العناصر المختلفة الى معرفة الكتل المكافئة، حيث كان دالتون أول من حسب هذه الكتل، فأفترض أن كتلة العنصر التي تتحد مع كتلة ذرة واحدة من الهيدروجين هي الكتلة المكافئة للعنصر، وبسبب قصور عنصر الهيدروجين في تكوين مركبات مع اغلب العناصر الاخرى، او لكون اغلب العناصر لا تتحد مباشرة مع الهيدروجين وانها تتحد مع الاوكسجين بشكل مباشر، فقد تم اعتماد الاوكسجين أساساً في حساب الكتل المكافئة، واعتبرت كتلته المتحدة مساوية «ثمانية 8». هذا ولا تقتصر العناصر على الاتحاد مع بعضها بكميات مكافئة فقط، بل هي تحل محل بعضها في مركباتها بكتل مكافئة. وهكذا يكون تعريف الكتلة المكافئة لعنصرما بأنها :–

"كتلة هذا العنصر التي تتحد مع ثمانية اجزاء كتلية من الاوكسجين او تزيح هذه المقادير من مركباتها"

وقد مكن مفهوم الكتلة المكافئة، من صياغة القانون الآتي المسمى بقانون الكتل المكافئة :–

"تتحد العناصر مع بعضها بعضاً بكميات تتناسب وكتلها المكافئة"

وعندما تقدر الكتلة المكافئة بالغرامات تسمى عندئذ بالمكافئ الغرامي (Gram Equivalent)، فمثلاً المكافئ الغرامي للاوكسجين = 8 g وللكلور = 35.5 g، وللهيدروجين = 1 g وللفضة = 107.9 g وهكذا... ويمكن تحديد الكتل المكافئة بدءاً من المعطيات المتعلقة بتحليل المركبات المختلفة، او من استبدال عنصر بآخر، وانه ليس من الضروري لتعيين الكتل المكافئة ان ننطلق من المركبات التي تحوي اوكسجيناً او مع عنصر آخر ذي كتلة مكافئة معلومة اعتماداً على الآتي: ـ

$$\frac{\text{كتلة العنصر الاول}}{\text{كتلة المكافئة}} = \frac{\text{كتلة العنصر الثاني}}{\text{كتلة المكافئة}}$$

مثال 1-4 :

تتحد 3.5 g من الحديد مع الكبريت لتكوين 5.5 g من كبريتيد الحديد(II). إحسب الكتلة المكافئة للحديد علماً بان الكتلة المكافئة للكبريت = 16 g .

الحـــــل :

كتلة الكبريت = 5.5–3.5 = 2 g

$$\frac{\text{كتلة العنصر الاول}}{\text{كتلة المكافئة}} = \frac{\text{كتلة العنصر الثاني}}{\text{كتلة المكافئة}}$$

$$\frac{3.5}{\text{الكتلة المكافئة للحديد}} = \frac{2}{16}$$

الكتلة المكافئة للحديد = 28 g

تمرين (1–2)

عند اختزال 1.64 g من اوكسيد النحاس(II) بالهيدروجين يتكون 1.31 g من النحاس، احسب الكتلة المكافئة للنحاس علماً بان الكتلة المكافئة للاوكسجين = 8 g .

1-8 العلاقة بين الكتلة الذرية والكتلة المكافئة والتكافؤ

لما كان مقياس الكتل الذرية هو إعتبار ذرة الاوكسجين = 16 وحدة، ومقياس الكتل المكافئة هو اعتبار الاوكسجين = 8 وحدة، لذلك نجمت علاقة رياضية بين الكتلة الذرية والكتلة المكافئة، وبناءً على ذلك لايجاد الكتلة المكافئة لعنصر ما نقسم الكتلة الذرية للعنصر على عدد ذرات الهيدروجين التي تستطيع ان

تتحد بها او ان تحل محلها، فالقاسم المشترك في هذه الحالة هو تكافؤ العنصر او قيمته الاتحادية فينتج من ذلك ان الكتلة المكافئة للعنصر تساوي كتلته الذرية مقسوماً على تكافئه .

$$\text{الكتلة المكافئة للعنصر} = \frac{\text{الكتلة الذرية للعنصر}}{\text{تكافؤ العنصر}}$$

مثال 1-5 :

ماهو تكافؤ الالمنيوم اذا علمت ان كتلته الذرية =27 وكتلته المكافئة =9 ؟

الحـــل :

$$\text{تكافؤ الالمنيوم} = \frac{\text{الكتلة الذرية للالمنيوم}}{\text{كتلته المكافئة}} = \frac{27}{9} = 3$$

تمرين (1-3)

عنصـــر كتلتـــه الذريـــة = 55.85 وتكـــافئه = 3 ماهي كتلته المكافئة ؟

1-9 كثافة الغاز Density of gas

يمكن تعريف الكثافة بالعلاقة التالية:

$$\text{الكثافة (كغم \ م}^3\text{)} = \frac{\text{الكتلة (كغم)}}{\text{الحجم (م}^3\text{)}} \qquad \rho(kg/m^3) = \frac{m\,(kg)}{V(m^3)}$$

ان وحدة الكثافة يمكن ان تكون (g/cm^3) ، (غم \سم^3) او (g/mL) للمواد الصلبة والسائلة اما بالنسبة للغازات فان كتلة 1 مليلتر تكون صغيرة جداً يصعب التعامل بها عملياً، فلذلك قد أتخذ اللتر «L» كوحدة حجم لقياس كثافة الغاز. وان حجوم الغازات تتأثر تأثراً كبيراً بالضغط ودرجة الحرارة، فعليه يجب ان تحدد الظروف التي تقاس بها كثافة الغازات، وتدعى الظروف التي يقاس عندها الغاز في درجة حرارة صفر درجة سيليزية (0°C) وضغط 1 جو (1 atm) بالظروف القياسية (STP) (Standard Temparatuer and Pressure) .

مثال 1−6 :

اذا علمت ان كثافة غاز ما تساوي 0.7 g/L ويشغل حجماً مقداره $490\ cm^3$ عند STP ماهي كتلة هذا الغاز ؟

الحـــــل :

نحول وحدة الحجم cm^3 الى وحدة L

$$V(L) = 490\ cm^3 \times \frac{1\ L}{1000\ cm^3} = 0.490\ L$$

ولحساب كتلة الغاز نستخدم العلاقة :

$$m\ (g) = \rho\ (g/L) \times V\ (L)$$

$$m\ (g) = 0.7\ (g/L) \times 0.490\ (L) = 0.343\ g$$

تمرين (1−4)

اذا كانت كتلة غاز = 0.4 g وتشغل حجماً مقداره ربع لتر عند STP ما هي كثافته؟

10−1 مفهوم المول Mole Concept

تتم التفاعلات الكيميائية بين عدد كبير من الجسيمات وقد تكون هذه الجسيمات على هيئة ذرات او جزيئات او ايونات ولكل من هذه الجسيمات كتلتها النسبية الخاصة بها، ولكن لايوجد تناسب عام بين كميات كل مادة وكتلتها . فمثلاً لو سئل طالب ان يقارن بين 1 g من غاز H_2 و 1 g من غاز N_2 و 1 g من غاز O_2 من حيث ماتحتويه من عدد جزيئات لتعذر عليه ذلك لسبب بسيط لان الكتل الجزيئية لهذه العناصرتختلف بعضها عن بعض فالكتلة الجزيئية لغاز الهيدروجين 2 والنتروجين 28 وللاوكسجين 32 فلو قسمت كتلة 1 g لكل عنصر على كتلته الجزيئية .

$$H_2 : \frac{1}{2} = 0.5 \qquad N_2 : \frac{1}{28} = 0.036 \qquad O_2 : \frac{1}{32} = 0.031$$

لحصلنا على قيم يمكن استخدامها للمقارنة . لذلك ومنذ سنوات خلت ظهرت الحاجة الى وحدات اساسية مستقلة لتعبر عن كمية المادة وقد وجدت لها قبولاً عاماً وهذه الوحدة هي المـــول (mole) ويرمز له بالرمز(n) وهو من الوحدات الاساسية في النظام الدولي للوحدات ويعرف المول بانه كمية المادة التي تحتوي على نفس العدد من الجسيمات (جزيئات او ذرات او ايونات) الذي يحتويه 12g من نظير الكاربون 12 (^{12}C) (حيث يستخدم هذا النظير ايضاً كمقياس لحساب الكتل الذرية كما تقدم) وهذا العدد من الجسيمات يسمى بعدد افوكادرو (Avogadro's Number) ويساوي 6.023×10^{23} ويرمز له بالرمز(N_A) ويجب التاكيد على ان المول هو الوحدة الفعلية لكمية المادة وهو غير الكتلة .

يعتبر مفهوم المول من اهم المفاهيم الاساسية في الكيمياء العامة والذي ادى تبنيه من قبل العلماء الى توحيد نظريتهم الى الكثير من القضايا المهمة في علم الكيمياء. ويمكن ان نطبق مفهوم المول على الذرات او الجزيئات او الايونات او الالكترونات ولذلك فمن الضرورة دائماً تحديد نوع الجسيمات التي نتعامل معها مثلاً

كتلة مول واحد من ذرات نظير الكاربون 12 هي 12 g

كتلة مول واحد من ذرات الفضة هي 107.868 g

كتلة مول واحد من جزيئات H_2 هي 2 g

كتلة مول واحد من ايونات SO_4^{2-} هي 96 g

وتحسب عدد المولات n باستخدام العلاقة الاتية :

$$n\,(mol) = \frac{mass\,(m)\,(g)}{Molar\ mass\,(M)(g/mol)}$$

عدد المولات (n) (مول) = الكتلة (m) (غم) / الكتلة المولية (M) (غم \ مول)

1-10-1 الكتلة المولية Molar Mass

لما كانت الجزيئات هي مجموعة من الذرات اتحدت كيميائياً مع بعضها فان الكتلة النهائية لهذه الجزيئات تعرف من كتل الذرات المكونة لها اي اننا نستخدم الكتل النسبية للمقارنة بين الجزيئات المختلفة من حيث الكتلة اي ان :-

الكتلة المولية للمادة = مجموع الكتل الذرية للذرات المكونة للمادة في نسب وجودها

وتعرف الكتلة المولية(M) (Molar Mass) بأنها كتلة 1 mol من اي مادة (مثلاً ذرات او جزيئات او ايونات)والمكافئة بالضبط الى 12 g للمول الواحد من نظير الكاربون 12(سابقاً كان يطلق على الكتلة المولية بالوزن الجزيئي الغرامي).

مثلاً لو اردنا حساب الكتلة المولية لغاز الميثان CH_4 او بمعنى اخر ماهي كتلة 1 mole من غاز الميثان. ونحن نعرف ان المول الواحد من اي غاز يحتوي على عدد افوكادرو من الجزيئات لذلك يمكن القول انه كيف نحسب كتلة 6.023×10^{23}

جزيء من غاز CH_4. وبما ان كل جزيء من CH_4 يحتوي على ذرة كاربون واحدة واربع ذرات هيدروجين اي ان 1 mole من جزيئات CH_4 يحتوي على 1 mole من ذرات الكاربون و 4 mole من ذرات الهيدروجين لذا يمكن حساب كتلة المول الواحد من CH_4 على الصورة الاتية :

كتلة مول واحد من $C = 12 \times 1 = 12\ g$

كتلة 4 مول من $H = 1 \times 4 = 4\ g$

∴ كتلة مول واحد من $CH_4 = 16\ g$

وهكذا الحال عند حساب الكتلة المولية لحامض الكبريتيك H_2SO_4

كتلة 2 مول من $H = 1 \times 2 = 2\ g$

كتلة مول واحد من $S = 32 \times 1 = 32\ g$

كتلة 4 مول من $O = 16 \times 4 = 64\ g$

∴ كتلة مول واحد من $H_2SO_4 = 98\ g$

وبما ان 16 g تمثل كتلة 1 mol من غاز الميثان و 98 g تمثل كتلة 1 mol من حامض الكبريتيك يكون من المنطقي ان نسمي هذه الكتل بالكتلة المولية.

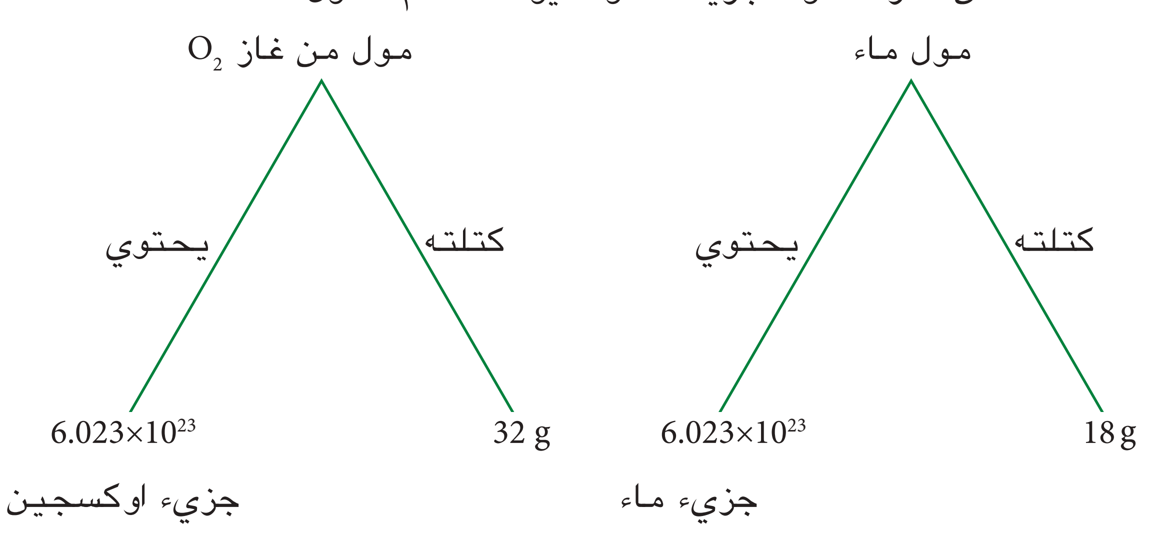
يتضح مما سبق ان جميع الحسابات التي تخضع لها الذرات والجزيئات في الكيمياء تنحصر فيما يأتي:

أ - الكتلة الذرية ومن ثم الكتلة المولية

ب - المول

جـ - عدد افوكادرو

فالكتلة الذرية او الكتلة المولية معبرأ عنها بوحدة الغرام تحتوي على نفس العدد من الذرات او الجزيئات وقد اسميناه بعدد افوكادرو(N_A) بينما اطلقنا على الكمية المحتوية على هذا العدد من الذرات او الجزيئات او الايونات اسم المول



مثال 1–7 :

جد الكتلة المولية للمركبات الاتية * :–

أ) كبريتات الصوديوم المائية $Na_2SO_4.7H_2O$

ب) الجكلون $C_{10}H_6O_3$

جـ) ثنائي اوكسيد الكبريت SO_2

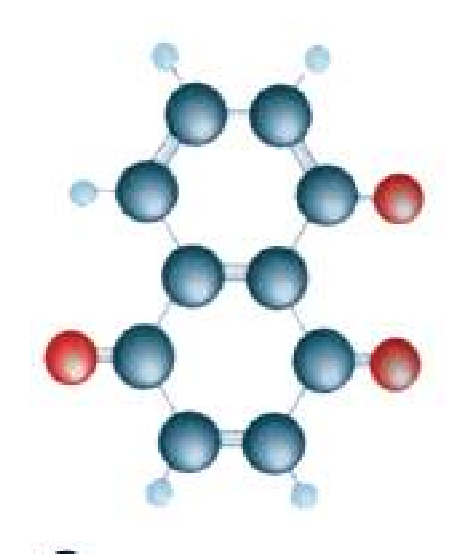
الحـــــل :

أ) $M (Na_2SO_4.7H_2O) =(2\times23)+(1\times32)+(4\times16)+7(2\times1+1\times16)$

$= 268 \ \ g/mol$

ب) $M (C_{10}H_6O_3) =(10\times12)+(6\times1)+(3\times16) =174 \ g/mol$

جـ) $M (SO_2) =(1\times32)+(2\times16) = 64 \ \ g/mol$









الجكلون مركب عضوي يستخدم كمبيد للاعشاب ويدخل في صناعة الاحبار ويعتبر صبغة طبيعية .

مثال 1–8 :

كم عدد المولات الموجودة في

أ) 9.6 g من ثنائي اوكسيد الكبريت SO_2

ب) 85 g من غاز الامونيا NH_3

الحـــــل :

أ) الكتلة المولية لـ SO_2

$M (SO_2)=(1\times32)+(2\times16)=64 \ \ g/mol$

$$n\,(mol) = \frac{m\,(g)}{M\,(g/mol)} = \frac{9.6\,(\cancel{g})}{64\,(\cancel{g}/mol)} = 0.15 \text{ mol } SO_2$$

ب) الكتلة المولية لـ NH_3

$M (NH_3) = (1\times14)+(3\times1)=17 \ g/mol$

$$n\,(mol) = \frac{m\,(g)}{M\,(g/mol)} = \frac{85\,(\cancel{g})}{17\,(\cancel{g}/mol)} = 5 \text{ mol } NH_3$$

تمرين (1–5)

أ – ماهي كتلة النتروجين المحتوية على 0.04 mol من N_2 ؟

ب – ماهو عدد مولات PCl_5 الموجودة في 5.6 g من PCl_5 ؟

جـ – احسب الكتلة المولية لغاز يحتوي 0.23 mol منه على كتلة 22.54 g .

مثال 1–9 :

احسب الكتلة الموجودة في 0.7 mol من ثنائي اوكسيد المنغنيز (MnO_2)

الحـــــل :

الكتلة المولية لـ MnO_2

$M (MnO_2) =(1 \times 55) + (2 \times 16)= 87 \ g/mol$

$m\,(g) = n\,(mol) \times M\,(g/mol)$

$m\,(g) = 0.7\,(\cancel{mol}) \times 87\,(g/\cancel{mol}) = 60.9 \ g \ \ MnO_2$

* يمكن للطلبة الحصول على قيم الكتل الذرية للعناصر من الجدول (3) في نهاية الكتاب عند حل الامثلة والتمارين والاسئلة .

1-10-2 تطبيق فكرة المول على المواد

كما اسلفنا ان المول الواحد من الكاربون ذا كتلة بالضبط 12g، فالذرة الواحدة من الكاربون كتلتها بالضبط :-

$$\frac{12\ g}{\text{عدد افوكادرو من الذرات}} = \frac{12\ g}{6.023\times10^{23}} = 1.995\times10^{-23}\ g/atom$$

من الممكن كتابة المعادلة الاتية:

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{عدد الجسيمات(جزيئات او ذرات او ايونات)}}{\text{عدد افوكادرو من الجسيمات}}$$

مثال 1-10 :

احسب

أ) عدد مولات 3.01×10^{25} جزيء ماء .

ب) عدد الجزيئات في 0.02 mol من ثنائي اوكسيد الكاربون

الحل :

أ) باستخدام القانون

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{عدد الجزيئات}}{\text{عدد افوكادرو من الجزيئات } N_A} = \frac{3.01\times 10^{25}}{6.023\times 10^{23}}$$

$$= 50\ mol\ H_2O$$

ب) من القانون اعلاه

عدد الجزيئات = عدد المولات × عدد افوكادرو من الجزيئات

$= 0.02 \times 6.023 \times 10^{23} = 1.2 \times 10^{22}\ CO_2$ جزيء

تمرين (1-6)

كم عدد جزيئات ثنائي اوكسيد السليكون SiO_2 الموجودة في حبة رمل كتلتها 1mg على فرض ان حبة الرمل تحتوي على 100% SiO_2 النقي .

مثال 1-11 :

احسب عدد الجزيئات الموجودة في 170 g من غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S؟

الحل :

الكتلة المولية لـ H_2S : $M(H_2S) = (2\times1) + (1\times32) = 34\ g/mol$

$$n\ (mol) = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)} = \frac{170\ (g)}{34\ (g/mol)} = 5\ mol\ H_2S$$

عدد الجزيئات = عدد المولات × عدد افوكادرو من الجزيئات

$= 5 \times 6.023 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{24}\ H_2S$ جزيء

11-1 النسبة المئوية للعناصر في المركبات

توجد طريقتان لوصف التراكيب الجزيئية للمركبات اولها معرفة عدد الذرات لكل عنصر الداخلة في تركيب المركب وثانيهما معرفة النسب المئوية بدلالة كتل العناصر الداخلة في هذا التركيب. اي عدد غرامات العنصر في 100 g من المركب، وعليه يمكن إيجاد النسبة المئوية لكل عنصر يدخل في تكوين المركب وكما يأتي:

أ- ايجاد الكتلة المولية للمركب من صيغته الجزيئية.

ب- تعيين وايجاد كتلة كل عنصر في جزيء المركب، اي حاصل ضرب الكتلة الذرية لكل عنصر × عدد ذراته

جـ- استخراج النسبة المئوية للعنصر في المركب حسب العلاقة الاتية :

$$\text{النسبة المئوية (\%) للعنصر في المركب} = \frac{\text{الكتلة الذرية للعنصر} \times \text{عدد ذرات العنصر}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100\%$$

مثال 1-12 :

احسب النسبة المئوية لكل من الكاربون و الهيدروجين والاوكسجين في مركب خلات الايزو بنتيل ($C_7H_{14}O_2$) (مادة تفرزها حشرة النحل)



الحـــل :

الكتلة المولية لـ ($C_7H_{14}O_2$)

$$M(C_7H_{14}O_2) = 7 \times 12 + 14 \times 1 + 2 \times 16 = 130 \text{ g/mol}$$

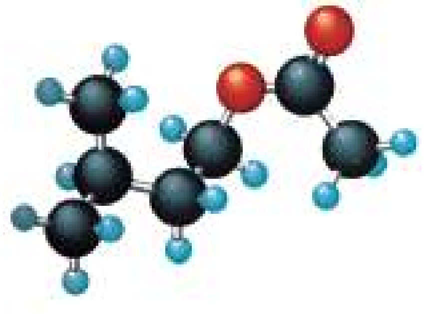
وحسب العلاقة اعلاه يتم حساب النسبة المئوية للعنصر في المركب كالاتي :

$$\%C = \frac{7 \times 12}{130} = \frac{84}{130} \times 100\% = 64.61\%$$

$$\%H = \frac{14 \times 1}{130} = \frac{14}{130} \times 100\% = 10.77\%$$

$$\%O = \frac{2 \times 16}{130} = \frac{32}{130} \times 100\% = 24.62\%$$

ويلاحظ ان مجموع النسب المئوية للعناصر المكونة للمركب تساوي 100% .







الايزو بنتيل مادة تفرز من حشرة النحل .

مثال 1-13 :

ما النسبة المئوية للعناصر الموجودة في حامض الاوكزاليك $H_2C_2O_4$؟ وما النسبة المئوية لماء التبلور في بلورات حامض الاوكزاليك المائي صيغته الجزيئية هي $H_2C_2O_4.2H_2O$؟

الحـــل :

الكتلة المولية لـ ($H_2C_2O_4$)

$$M(H_2C_2O_4) = (2 \times 1) + (2 \times 12) + (4 \times 16) = 90\ g/mol$$

ويمكن حساب النسبة المئوية للعناصر كالأتي :

$$C\% = \frac{2\times12}{90} = \frac{24}{90} \times 100\% = 26.67\%$$

$$H\% = \frac{2\times1}{90} = \frac{2}{90} \times 100\% = 2.22\%$$

$$O\% = \frac{4\times16}{90} = \frac{64}{90} \times 100\% = 71.11\%$$

وبنفس الطريقة الكتلة المولية لحامض الاوكزاليك المائي

$$M(C_2H_2O_4.2H_2O) = 2 \times 12 + 2 \times 1 + 4 \times 16 + 2(2 \times 1 + 1 \times 16) = 126\ g/mol$$

النسبة المئوية لماء التبلور :

$$H_2O\% = \frac{2\times18}{126} \times 100\% = 28.57\%$$

تمرين (1-7)

احسب النسبة المئوية للعناصر الموجودة في حامض الخليك CH_3COOH .

اضافة لما تقدم يمكن ايضا حساب كتلة العنصر في كتلة معينة لاي مركب من خلال معرفتنا لنسبة العنصر في اي مركب ، وذلك باستخدام القانون الاتي:

$$\text{كتلة العنصر} = \frac{\text{كتلة ذرات العنصر في المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times \text{كتلة النموذج}$$

مثال 1-14 :

احسب كتلة الكالسيوم الموجودة في 20 g من فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$؟

الحـــل :

الكتلة المولية لـ $Ca_3(PO_4)_2$

$$M(Ca_3(PO_4)_2) = (3 \times 40) + (2 \times 1 \times 31) + (2 \times 4 \times 16) = 310\ g/mol$$

$$\text{كتلة الكالسيوم} = \left(\frac{3 \times 40}{310}\right) \times 20 = 7.74\ g$$

مثال 1-15 :

10 g من بلورات كبريتات النحاس (II) $CuSO_4.5H_2O$. احسب كتلة النحاس الموجودة في النموذج ثم اوجد كتلة الماء (ماء التبلور) في النموذج.

الحـــــل :

الكتلة المولية لـ $CuSO_4.5H_2O$

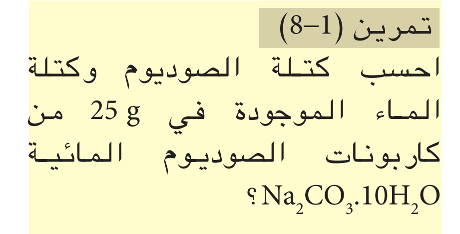
$$M\,(CuSO_4.5H_2O) = 1 \times 64 + 1 \times 32 + 4 \times 16 + 5\,(2 \times 1 + 1 \times 16)$$

$$= 250\ g/mol$$

باستخدام نفس القانون

$$\text{كتلة النحاس} = \left(\frac{64}{250}\right) \times 10 = 2.56\ g$$

$$\text{كتلة الماء في 10 g من النموذج} = \left(\frac{18 \times 5}{250}\right) \times 10 = 3.6\ g$$



تمرين (1-8)

احسب كتلة الصوديوم وكتلة الماء الموجودة في 25 g من كاربونات الصوديوم المائية $Na_2CO_3.10H_2O$؟



1-12 الصيغ الكيميائية Chemical Formula

يمثل التركيب الكيميائي للمركبات بـ " صيغ" والتي هي مجموعة رموز العناصر المكونة لها مع عدد ذرات تلك العناصر في الجزيء الواحد ويمكن التعبير عن تركيب مادة كيميائية معلومة بصيغ مختلفة منها:-

1-12-1 الصيغة الوضعية Empirical Formula

وهي ابسط صيغة تعطي الحد الادنى من المعلومات المجردة عن المركب، اذا انها تقرر العدد النسبي لذرات العناصر المشتركة في تركيب المركب. فمثلاً ان الجزئي الواحد من البنزين يتكون من 6 ذرات كاربون و 6 ذرات هيدروجين فعليةهان القاسم المشترك الاعظم لهذه الارقام هو العدد 6 وبقسمة عدد الذرات على 6 نحصل على الصيغة الوضعية للبنزين هي CH

وكذلك ان الجزئ الواحد من الماء يتكون من ذرتين من الهيدروجين مع ذرة واحدة من الاوكسجين فتكون الصيغة الوضعية للماء H_2O. وكذلك ان الجزيء الواحد من سكر الكلوكوز يتكون من 6 ذرات كاربون و 12 ذرة هيدروجين و6 ذرات اوكسجين وعليه ان القاسم المشترك الاعظم لهذه الارقام هو العدد 6 ، وبقسمة عدد الذرات على 6 فان الصيغة الوضعية لسكر الكلوكوز هي CH_2O .

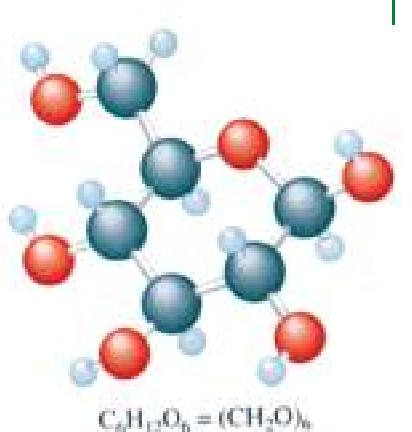




$C_6H_6 = (CH)_6$



البنزين



$C_6H_{12}O_6 = (CH_2O)_6$

سكر الكلوكوز

كيفية ايجاد الصيغة الوضعية للمركبات :-

لتعيين وايجاد الصيغة الوضعية للمركبات نتبع الخطوات الآتية :

أ) تعيين العناصر الداخلة والمشتركة في تركيب المركب بطرق التحليل الكيميائي

ب) تحسب كتل العناصر الداخلة في تركيب كتل معينة من المركب او تحسب بشكل نسبة مئوية.

جـ) تقسم كل كتلة او نسبة مئوية لعنصر على كتلته الذرية للحصول على نسب عدد الذرات ، اي ان:

$$\text{نسبة عدد ذرات العنصر} = \frac{\text{كتلة العنصر أو النسبة المئوية للعنصر}}{\text{كتلته الذرية}}$$

د) تقسم نسبة عدد ذرات العنصر على اصغر نسبة منها وتقرب الى اقرب عدد صحيح وذلك للحصول على ابسط نسبة لعدد الذرات، اي ان :

$$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات العنصر} = \frac{\text{نسبة عدد ذرات كل عنصر}}{\text{اصغر نسبة}}$$

ومن ذلك نستنتج الصيغة الوضعية للمادة

مثال 1–16 :

وجد ان احد الغازات يتكون من 20 % هيدروجين و 80 % كاربون جد الصيغة الوضعية للغاز ؟

الحـــل :

1) نقسم كل نسبة مئوية للعنصر على كتلته الذرية اي ان

نسبة عدد ذرات العنصر= النسبة المئوية للعنصر\كتلته الذرية

$\text{نسبة عدد ذرات الهيدروجين} = \frac{20}{1} = 20$

$\text{نسبة عدد ذرات الكاربون} = \frac{80}{12} = 6.60$

2) نقسم النسب السابقة على اصغرها نسبة ونقرب لاقرب عدد صحيح

ابسط نسبة لعدد ذرات العنصر = نسبة عدد ذرات كل عنصر\اصغر نسبة

$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات الهيدروجين} = \frac{20}{6.60} = 3$

$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات الكاربون} = \frac{6.60}{6.60} = 1$

الصيغة الوضعية للغاز هي CH_3

مثال 1-17 :

الكوليستيرول مركب عضوي ، يوجد تقريباً في جميع انسجة الجسم وهو المسؤول عن مرض تصلب الشرايين يتكون من 83.87 % كاربون و 11.99 %هيدروجين و 4.14 % اوكسجين، اوجد الصيغة الوضعية للكوليستيرول ؟

الحـــل :

1) نقسم كل نسبة مئوية للعنصر على كتلته الذرية اي ان
نسبة عدد ذرات العنصر= النسبة المئوية للعنصر\ كتلته الذرية

$$\text{نسبة عدد ذرات الهيدروجين} = \frac{11.99}{1} = 11.99$$

$$\text{نسبة عدد ذرات الكاربون} = \frac{83.87}{12} = 6.989$$

$$\text{نسبة عدد ذرات الاوكسجين} = \frac{4.14}{16} = 0.258$$

2) نقسم النسب السابقة على اصغرها نسبة ونقرب لاقرب عدد صحيح
ابسط نسبة لعدد ذرات العنصر = نسبة عدد ذرات كل عنصر\ اصغر نسبة

$$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات الهيدروجين} = \frac{11.99}{0.258} = 46$$

$$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات الكاربون} = \frac{6.989}{0.258} = 27$$

$$\text{ابسط نسبة لعدد ذرات الاوكسجين} = \frac{0.258}{0.258} = 1$$

الصيغة الوضعية للكوليسترول هي $C_{27}H_{46}O$

تمرين (1-9)

في اغلب الاحيان تستعمل الصبغة البيضاء في عملية الطلاء (الدهان) والتي تحتوي على التيتانيوم والاوكسجين فقط، حيث تتكون من 59.9% جزءاً بالكتلة تيتانيوم ، اوجد الصيغة الوضعية لهذه الصيغة.

تمرين (1-10)

نفترض انك كيميائي، وقد دعيت لتحديد الصيغة الوضعية لعقار طبي، فعند حرقه وجد ان نتائج الحرق توضح ان هذا العقار الطبي يحتوي على 74.27 % كاربون و 7.47 % هيدروجين و 12.99 % نيتروجين و 4.95 % اوكسجين. ماهي ابسط صيغة لهذا العقار الطبي؟

1-12-2 الصيغة الجزيئية Molecular formula

هي الصيغة الكيميائية التي تبين العدد الحقيقي لذرات العناصر المشتركة في تركيب جزيء واحد من المادة. فمثلاً ان الجزيء الواحد من الايثان يتكون من 2 ذرة كاربون و 6 ذرات هيدروجين ولذلك فان صيغته الجزيئية (C_2H_6) ، وعليه فأن صيغته الجزيئية اكبر من صيغته الوضعية (CH_3) بمرتين. وكذلك ان الصيغة الجزيئية للماء هي (H_2O) بمعنى ان جزيء الماء يتركب من اتحاد ذرتي هيدروجين بذرة اوكسجين واحدة، وهي نفسها الصيغة الوضعية للماء (H_2O) وعليه تكون:

الصيغة الجزيئية = الصيغة الوضعية × وحدات الصيغة الوضعية

لتعيين وايجاد الصيغة الجزيئية للمادة نتبع الخطوات الآتية:-

أ- نستخرج الصيغة الوضعية للمادة كما مر بنا سابقاً.

ب- نحسب الكتلة المولية للصيغة الوضعية، وذلك من جمع الكتل الذرية لعناصرها.

جـ- إيجاد الكتلة المولية للمادة (الصيغة الجزيئية) .

د- تقسيم الكتلة المولية للصيغة الجزيئية على الكتلة المولية للصيغة الوضعية لنحصل على وحدات الصيغة الوضعية .

ووحدات الصيغة الوضعية يمكن الحصول عليها باستخدام العلاقة الاتية :

$$\text{وحدات الصيغة الوضعية} = \frac{\text{الكتلة المولية للصيغة الجزيئية}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الوضعية}}$$

هـ- ثم يضرب حاصل القسمة في الصيغة الوضعية للحصول على الصيغة الجزيئية.

مثال 1-18 :

حامض عضوي كتلته المولية = 60 g/mol ويحتوي على 40% كاربون و 6.7 % هيدروجين والباقي اوكسجين فأوجد الصيغة الجزيئية للحامض العضوي؟

الحــــل :

النسبة المئوية للاوكسجين $100 - (40 + 6.7) = 53.3\%$

1) نقسم كل نسبة مئوية للعنصر على كتلته الذرية اي ان

نسبة عدد ذرات العنصر= النسبة المئوية للعنصر\ كتلته الذرية

نسبة عدد ذرات الهيدروجين $= \frac{6.7}{1} = 6.7$

نسبة عدد ذرات الكاربون $= \frac{40}{12} = 3.3$

نسبة عدد ذرات الاوكسجين $= \frac{53.3}{16} = 3.3$

2) نقسم النسب السابقة على اصغرها نسبة ونقرب لاقرب عدد صحيح .

ابسط نسبة لعدد ذرات العنصر = نسبة عدد ذرات كل عنصر\ اصغر نسبة

ابسط نسبة لعدد ذرات الهيدروجين= $\frac{6.7}{3.3} = 2$

ابسط نسبة لعدد ذرات الكاربون = $\frac{3.3}{3.3} = 1$

ابسط نسبة لعدد ذرات الاوكسجين = $\frac{3.3}{3.3} = 1$

الصيغة الوضعية هي CH_2O

الكتلة المولية للصيغة الوضعية CH_2O

$$M(CH_2O) = (1 \times 12) + (2 \times 1) + (1 \times 16) = 30\ g/mol$$

وحدات الصيغة الوضعية = $\frac{\text{الكتلة المولية للصيغة الجزيئية}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الوضعية}}$

$$\frac{60}{30} = 2$$

الصيغة الجزيئية = الصيغة الوضعية × وحدات الصيغة الوضعية

$CH_2O \times 2$

الصيغة الجزيئية هي $C_2H_4O_2$

تمرين (1-11)

الكافيين مادة منبهة موجودة في القهوة والشاي والشكولاته، تحتوي 49.48 % كاربون و 5.15% هيدروجين و 28.87 % نتروجين و 16.49 % أوكسجين فاذا علمت ان كتلته المولية 194 g/mol فأوجد الصيغة الجزيئية للكافيين.



الكافايين

مثال 1-19 :

مركب عضوي صيغته الوضعية C_2H_4O وكتلته المولية 88 g/mol. اوجد صيغته الجزيئية ؟

الحل :

الكتلة المولية للصيغة الوضعية C_2H_4O

$$M(C_2H_4O) = (2 \times 12) + (4 \times 1) + (1 \times 16) = 44\ g/mol$$

وحدات الصيغة الوضعية = $\frac{\text{الكتلة المولية للصيغة الجزيئية}}{\text{الكتلة المولية للصيغة الوضعية}}$

$$\frac{88}{44} = 2$$

الصيغة الجزيئية = الصيغة الوضعية × وحدات الصيغة الوضعية

$C_2H_4O \times 2$

الصيغة الجزيئية هي $C_4H_8O_2$

اسئلة الفصل الاول

ملاحظة: عند الحاجة للكتل الذرية في بعض الاسئلة راجع ذلك في جداول نهاية الكتاب

1.1 ماهي فرضيات نظرية دالتون الذرية وما علاقته بقانون حفظ الكتلة .

2.1 عند تفاعل مزيج من غاز H_2 وغاز الكلور Cl_2 كان الغاز الناتج محتوياً على نسب ثابتة من العناصر المكونة له بغض النظر عن كميات الغازين H_2 و Cl_2 المتفاعلة. كيف تفسر النتائج الحاصلة على ضوء قانون النسب الثابتة .

3.1 عينتان من كلوريد الصوديوم تم تفكيكها الى عناصرها المكونة لها. احتوت العينة الاولى على 4.65 g من الصوديوم و 7.16 g من الكلور. بينما احتوت العينة الثانية 7.45 g من الصوديوم و 11.5 g من الكلور . بين هل هذه النتائج تتطابق مع قانون التراكيب الثابتة .

4.1 نسبة كتلة الصوديوم الى كتلة الفلور في فلوريد الصوديوم 1.21. احتوت عينة من فلوريد الصوديوم 34.5 g من الصوديوم عند تفككها . ما مقدار الفلور (بالغرامات) الذي ستحتويه العينة ؟

5.1 عينتان من رابع كلوريد الكاربون تتفكك لعناصرها المكونة منها . احتوت العينة الاولى 32.4 g من الكاربون و 373 g من الكلور . بينما احتوت العينة الاخرى 12.3 g من الكاربون و 112 g من الكلور هل تتوافق ام لا هذه النتائج مع قانون التراكيب الثابتة .

6.1 عرف المصطلحات الاتية:
التكافؤ، وحدة الكتلة الذرية (وكذ)، الكتلة المكافئة، الكتلة الذرية، فرضية افكادرو.

7.1 سخن 1.55 g من الفضة في تيار من غاز الكلور فتكون 2.05 g من كلوريد الفضة. فاذا علمت ان الكتلة المكافئة للكلور 35.5 . احسب الكتلة المكافئة للفضة؟

8.1 وضع 0.72 g من الخارصين في محلول خلات الرصاص فترسب الرصاص وبعد غسله وتجفيفه وجد ان كتلته 2.29 g . ما هي الكتلة المكافئة للرصاص علماً بأن الكتلة المكافئة للخارصين = 32.5؟

9.1 عنصر تكافؤه 2 وكتلته المكافئة 32.7 احسب كتلته الذرية؟

10.1 عنصر كتلته الذرية 55.85 وتكافئة 3 ما هي كتلته المكافئة؟

11.1 كم عدد المولات الموجودة في كل مما ياتي:
أ – 7 g من بيكاربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$
ب – 10 mg من الحديد
جـ – 16 g من ثنائي اوكسيد الكاربون

12.1
أ – احسب عدد ذرات الفضة وعدد مولات الفضة الموجودة في 5 g من الفضة.
ب – تحتوي قطعة من الماس على 5.0×10^{21} ذرة من الكاربون . ما عدد مولات الكاربون وكتلته بالغرام في قطعة الماس؟

13.1 احسب الكميات فيما ياتي:

أ – كتلة 3.8×10^{20} جزيء من NO_2؟

ب – عدد مولات من ذرات الكلور الموجودة في 0.0425 g من $C_2H_4Cl_2$.

14.1 احسب الكتلة المولية للمركبات الاتية

أ – $NaClO_3$

ب – $CuSO_4.5H_2O$

جـ – $(NH_4)_3PO_4$

د – $Al_2(SO_4)_3$

هـ – $Ca(C_2H_3O_2)_2$

15.1 احسب النسب المئوية للعناصر المكونة للمركبات الاتية:

أ – $Ca_3(PO_4)_2$

ب – CH_2FCF_3

جـ – Na_2HPO_4

16.1 احسب النسبة المئوية للمغنيسيوم و ماء التميؤ في كبريتات المغنيسيوم المائية $MgSO_4.7H_2O$

17.1 نموذج من اليوريا يحتوي على 1.121 g N و 0.161 g H و 0.4808 g C و 0.640 g O. اوجد الصيغة الوضعية لليوريا؟

18.1 مركب يحتوي على كاربون وهيدروجين ونتروجين عند حرق 35 mg منه نتج 33.5 mg من CO_2 و 41.1 mg من H_2O . اوجد الصيغة الوضعية لهذا المركب؟

19.1 لو طلب اليك ايجاد الصيغة الوضعية والجزيئية لمسحوق ابيض يتكون من 31.9% كتلة بوتاسيوم ، 39.2% كتلة اوكسجين و 28.9% كتلة كلور فكيف تجد هذه الصيغ اذا علمت ان الكتلة المولية لصيغته الجزيئية تساوي 122.5 g/mol.

20.1 اوجد الصيغة الجزيئية لمركب يتكون من 24.27% كتلة كاربون و 4.07% كتلة هيدروجين و 71.65% كتلة كلور علما ان الكتلة المولية للمركب = 99 g/mol.

21.1 مركب يحتوي على 52.2% كاربون و 13.1% هيدروجين والباقي اوكسجين ما هي الصيغة الجزيئية لهذا المركب اذا علمت ان كتلته المولية تساوي 46 g/mol .

22.1 احسب

أ – عدد مولات الاوكسجين في 7.2 moles من H_2SO_4 .

ب – عدد الذرات في عينة من الخارصين كتلتها 48.3 g .

جـ – كتلة الالمنيوم بالغرام في 6.73 moles من الالمنيوم .

د – عدد غرامات Fe الموجودة في 79.2 g من Fe_2O_3 .

الفصل الثاني

2

الغـازات

Gases



بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على ان : -

- **يتعرف بصورة دقيقة عن الحالة الغازية وما تتصف به.**
- **يدرك العوامل المؤثرة في الحالة الغازية.**
- **يفهم القوانين المتحكمة في الغازات.**
- **يفسر خاصية الانتشار بين الغازات.**
- **يميز بين الغاز المثالي والغاز غير المثالي (الحقيقي).**
- **يبين تأثير الضغط على بخار السائل ودرجة الغليان.**

1-2 مقدمة

نحن نعيش في اسفل طبقة من الغلاف الجوي والتي تدعى طبقة تروبوسفير اذ يتكون حجمها من 78% من غاز N_2 و 21%من غاز O_2 و 1% من غازات مختلفة تقريباً، يشكل غاز CO_2 النسبة العظمى فيها. بالاضافة الى ذلك يُوجد العديد من المواد في الحالة الغازية تحت ظروف (ضغط 1 atm ودرجة حرارة 25°C) ندرج قسما من هذه المواد ورمزها الكيميائي في الجدول (2 – 1) :



الغازات التي يتألف منها الغلاف الجوي تسلط ضغطاً قدره 1atm على المتر المربع .

الجدول 2 – 1 بعض الموادالغازية في الظروف الاعتيادية

الرمز الكيميائي	العنصر	الصيغة الكيميائية	المركب
H_2	هيدروجين	HF	فلوريد الهيدروجين
N_2	نتروجين	HCl	كلوريد الهيدروجين
O_2	أوكسجين	HBr	بروميد الهيدروجين
F_2	فلور	HI	يوديد الهيدروجين
Cl_2	كلور	CO	احادي أوكسيد الكاربون
Ne	نيون	CO_2	ثنائي أوكسيد الكاربون
Ar	اركون	NH_3	امونيا
Kr	كربتون	NO	احادي اوكسيد النتروجين
Xe	زينون	NO_2	ثنائي اوكسيد النتروجين
Rn	رادون	N_2O	اوكسيد النتروز
		SO_2	ثنائي اوكسيد الكبريت
		H_2S	كبريتيد الهيدروجين



هل تعلم

ان متسلقي الجبال العالية يحملون على ظهورهم قناني تحتوي على الهواء لتعويض الاوكسجين الذي تكون نسبته قليلة في تلك الاماكن .

ان الحالة الغازية كانت اخر حالة من حالات المادة التي توجد في الظروف الاعتيادية امكن التعرف اليها تاريخياً، الا انها في الواقع هي الأبسط والأفضل تفهماً لأن اوضح تعريف للجزيئات هو عندما تكون المادة في الحالة الغازية وأن كثيراً مما نفهمه بخصوص الجزيئات يكون تاماً فقط في حالة الغازات. تشغل الجزيئات الغازية في الظروف القياسية فقط 0.1% من الحيز الذي تحتله أما الباقي فيكون فراغ لذلك فأن كل جزيء من الغاز يتصرف بشكل مستقل تقريباً، ونتيجة لذلك يمكن للغاز ان يُضغط ويصغر حجمه بشكل كبير وبالضغط والتبريد يُسال الغاز فيصبح حجمه صغيراً مقارنة بحجمه وهو غاز. اذن تتأثر حجوم الغازات كثيراً بالضغط وبدرجة الحرارة وبعوامل اخرى.

هل تعلم

توجد حالة رابعة للمادة يمكن ان تتواجد فيها ولكن في ظروف معينة تدعى البلازما .

2 - 2 الحجم Volume

يمثل حجم المادة مقدار الحيز الذي تشغله تلك المادة، وان حجم الغاز هو نفسه حجم الإناء الذي يوجد فيه الغاز. يرمز له بالحرف V ويقاس بوحدات اللتر (L) أو مليلتر (mL) أو السنتيمتر المكعب (cm^3) .

ولتحويل وحدات الحجم يكون :

$1\ L$ (لتر) $= 1000\ cm^3$ (سم^3)

$1\ L$ (لتر) $= 1000\ mL$ (مل)

$1\ cm^3 = 1\ mL$

مثال 2 – 1 :

عينة من غاز NO_2 حجمها $800\ cm^3$ ما هو حجمها باللتر ؟

الحـــــل :

$$V\ (L) = V\ cm^3 \times \frac{1L}{1000\ cm^3} = 800\ cm^3 \times \frac{1L}{1000\ cm^3} = 0.8\ L\ NO_2$$

تمرين (2–1)

عينة من غاز O_2 حجمها $0.125\ L$ مـا هـو حجمهـا بالـ mL.

2 - 3 درجة الحرارة Temperature

هل تعلم

اعلـى درجـة حرارة سجلت للهـواء كانت $+85\ °C$ في المكسيك واقـل درجة حرارة سجلت للهواء كانت $-88\ °C$ في القطب الجنوبي .

ان هناك وحدتان للتعبير عن درجة الحرارة هي الدرجة السيليزية °C ويرمز لها t ودرجة كلفن K ويرمز لها T .

ولتحويل الدرجة السيليزية الى درجة كلفن نستخدم العلاقة الآتية :

$$T(K) = t\ (°C) + 273$$

مثال 2 – 2 :

اناء يحتوي على ماء درجة حرارته 80°C واناء اخر يحتوي على ماء ايضاً درجة حرارته −13°C فما هي درجة حرارته في الحالتين بدرجات كلفن .

الحـــــل : اولاً :

$T(K) = t\ (°C) + 273$

$T(K) = 80 + 273 = 353\ K$

ثانياً :

$T(K) = t\ (°C) + 273$

$T(K) = (-13) + 273 = 260\ K$

تمرين (2–2)

حول الدرجات الاتية من سيليزيـة الـى كلفن (127°C ، 1°C، −100°C) .

2 – 4 الضغط Pressure

يعرف الضغط كمياً بأنه (القوة (F) المسلطة على وحدة المساحة(A)). ويرمز له (P)، ويقاس الضغط الجوي بمقياس البارومتر بينما تقاس ضغوط الغازات بمقياس المانومتر.

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}} = \frac{F\ (Force)}{A\ (Area)} = P$$

$$P = \frac{1N(\text{نيوتن})}{m^2\ (\text{متر}^2)} = Pa\ (Pascal)$$

اما الوحدات الاساسية للضغط فهي الباسكال (Pa) و الجو (atm) و التور (Torr) . والعلاقة بين وحدات الضغط هي :

1 atm = 101325 Pa
1atm = 760 mmHg
1atm = 760 Torr
1 Torr = 1 mmHg

هل تعلم
تنص قوانين اتحاد كرة القدم بان هناك قواعد اساسية لكرة القدم المستخدمة.بان تكون كتلة الكرة كحد اعلى 450 g وكحد اقل 410 g . اما ضغط الهواء المحصور في داخلها فيجب ان لا يكون اقل من 0.6 atm او اعلى من 1.1 atm والسبب في ذلك لان الكرة المملوءة سوف تكون اسرع مما لو كانت غير مملوءة كما ان الضغط المسموح به داخلها اذا كان اعلى من ذلك فان الكرة سوف تنفجر عندما تضرب.

مثال 2 – 3 :

حول ضغط غاز مقداره 688 Torr الى وحدات atm .

الحـــل :

$$P\ (atm) = P\ Torr \times \frac{1\ atm}{760\ Torr} = 688\ Torr \times \frac{1\ atm}{760\ Torr}$$

$$P\ atm = 0.905\ atm$$

تمرين (2–3)
حـول ضغط غــاز مقداره 1.5 atm الى وحدات Torr.



هل تعلم
توضح الصورة المقابلة انه في تجارب الاصطدام في السيارات على قابلية الغازات على الانضغاط حيث تقوم الوسادة الهوائية بحماية الشخص عند الاصطدام حيث ان ضغط الغاز داخل الوسادة يمتص قوة الاصطدام (ملاحظة هذه الوسادة تكون اكثر فعالية عند استخدام حزام الامان)

هل تعلم

ان الضغط المسلط علينا هو من قبل الهواء المحيط بالارض ويبلغ سمكه 500 ميل وفي الواقع نحن نعيش في قاع محيط الغلاف الجوي .

2 - 5 - 1 علاقة الحجم والضغط (قانون بويل)

لقد قام العالم البريطاني (روبرت بويل) بأول تجربة لأختبار علاقة الحجم والضغط للغازات وقد استخدم انبوب على شكل حرف ل مسدود من جهة الساق القصيرة فيه بعض من الغاز المحصور وقام باضافة الزئبق من الطرف الاطول فبدأ الزئبق بالضغط على الغاز ليصبح حجم الغاز ذا حجم معين وعندما ضاعف كمية الزئبق (اي ضاعف الضغط) قل حجم الهواء المحصور الى النصف كما موضح في الشكل(2 – 1) :

هواء محصور

زئبق

هواء محصور

زئبق

الشكل(2–1)
أ – عند اضافة كمية من الزئبق لاحظ حجم الهواء المحصور .
ب – عند مضاعفة كمية الزئبق نلاحظ تقلص حجم الهواء المحصور الى النصف .

لقد لاحظ بويل ان حجم الهواء يقل كلما زاد الضغط المسلط عليه، (عند تثبيت درجة الحرارة وكمية الغاز) ولهذا وضع بويل قانونه الشهير الذي ينص (يتناسب حجم الغاز عكسياً مع الضغط المسلط عليه عند ثبوت درجة الحرارة وكمية الغاز) .

وقد وضع بويل العلاقة بشكل رياضي حيث :

$$V \propto \frac{1}{p}$$

$$V = k \frac{1}{p}$$

$$PV = k$$ حيث k (ثابت التناسب)

تمرين (2–4)
منطاد جوي يحتوي على غاز يشغل حجماً قدره 50L تحت ضغط 1 atm . ما حجمه عندما يرتفع في الجو ويتعرض لضغط قدره 0.9 atm ؟

اي ان حاصل الضرب للضغط والحجم بأية حالة يساوي كمية ثابتة. وعند أخذ عينة من غاز ذات حجم V_1 تحت ضغط P_1 عند درجة حرارة ثابتة وقمنا بتغيير ظروف هذا الغاز ليصبح

حجمه V_2 وضغط P_2 مع الاحتفاظ بدرجة الحرارة ثابتة T_1 فانه طبقا لقانون بويل يصح ان نقول

$$P_1 \; V_1 = P_2 \; V_2 \quad \text{(عند ثبوت الحرارة وكمية الغاز)}$$

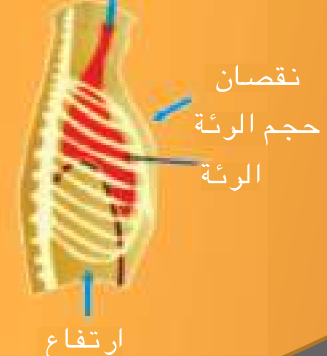
هل تعلم

ان عملية التنفس عند الانسان تجري وفق قانون بويل . عندما يتحرك الحجاب الحاجز الى الاسفل يؤدي الى زيادة حجم الرئة وانخفاض الضغط داخلها وهذا بدوره يؤدي الى دخول الهواء الى الرئة وتتم عملية الشهيق.



الحجاب الحاجز

اما عندما يرتفع الحجاب الحاجز الى الاعلى يؤدي الى نقصان حجم الرئة وزيادة الضغط داخلها مما يؤدي الى خروج الهواء من الرئة وتتم عملية الزفير



الحجاب الحاجز

مثال 2 – 4 :

ضغط غاز في صفيحة معطر جو يساوي 3 atm وحجمه نصف لتر ما حجمه عندما يصبح الضغط المسلط عليها 4 atm .

الحـــل :

$$P_1 \; V_1 = P_2 \; V_2 \qquad P_1, V_1, P_2 \longrightarrow V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{(3 \text{ atm}) \left(\frac{1}{2} \text{ L}\right)}{(4 \text{ atm})} = 0.375 \text{ L}$$

مثال 2 – 5 :

أ – غاز موضوع في اسطوانة حجمها 1 L بضغط 1 atm وضع عليه ثقل مما ادى الى تقلص حجمه الى 0.5 L احسب ضغطه الجديد على افتراض ثبوت درجة الحرارة .

ب – يسلط الضغط الجوي 1 atm على الغواص عند سطح البحر اي بعمق 0 m. ما الضغط الذي سيسلط عليه عند عمق 20 m على افتراض ان كل 10 m تسلط ضغطاً اضافياً مقداره 1 atm بسبب وزن الهواء المحيط به ، على افتراض ثبوت درجة الحرارة .

الحـــل :

أ –

$$P_1 \; V_1 = P_2 \; V_2 \qquad P_1, V_1, V_2 \longrightarrow P_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{(1 \text{ atm}) (1 \text{ L})}{(0.5 \text{ L})} = 2 \text{ atm}$$



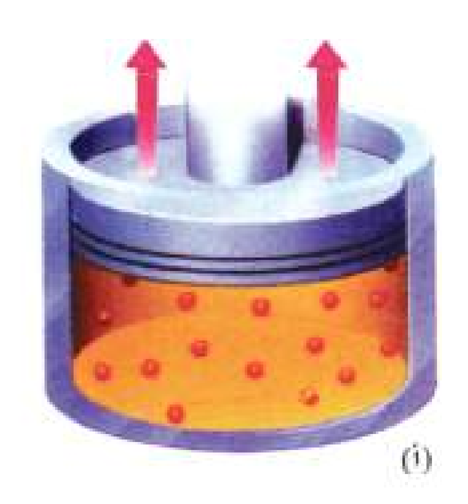
ب – طالما ان كل 10 m تسلط ضغطاً مقداره 1 atm على الغواص لذا سيكون الضغط المسلط عليه على عمق 20 m هو 2 atm. وعليه سيصبح الضغط المسلط عليه عند هذا العمق 3 atm بسبب وجوب اضافة الضغط الجوي عليه البالغ 1 atm .

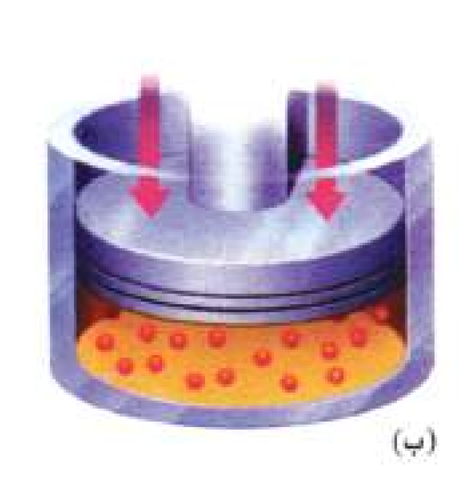
2 - 5 - 2 علاقة الحجم ودرجة الحرارة (قانون شارل)

ان جميع الغازات تتمدد في الحجم عندما ترفع درجة حرارتها، ويمكن عمليا قياس الزيادة في الحجم بزيادة درجة الحرارة وذلك بحبس كتلة ثابتة لغاز في اسطوانة مزودة بمكبس كما هو مبين بالشكل (2 – 2) .

هل تعلم

منفاخ الدراجة تطبيق على قانون شارل، نشعر دائما بسخونة منفاخ الدراجة عند استعماله وذلك لان جزيئات الهواء في داخله ترغم على التراص في حيز اقل فتزداد سرعة ارتطامها بجدران المنفاخ فيسخن.





الشكل(2–2)
(أ) بالتسخين يزداد حجم الغاز فيندفع المكبس نحو الاعلى .
(ب) بالتبريد يقل حجم الغاز فيندفع المكبس نحو الاسفل .

حيث ان الكتلة فوق قمة المكبس ثابتة فأن العينة من الغاز تبقى عند ضغط ثابت ويلاحظ انه كلما سخن الغاز فان المكبس يتحرك للخارج ويزداد الحجم. ويمكن ان يصاغ قانون شارل كما يلي (يتناسب حجم كمية محدودة من الغاز تناسباً طردياً مع درجة الحرارة المقاسة بالكلفن عند ثبوت الضغط وكمية الغاز). ويمكن التعبير رياضياً.

$$V \propto T$$

$$V = k \times T$$

$$\frac{V}{T} = k$$ حيث k (ثابت التناسب)

هل تعلم

ينقبض البالون المملوء بالهواء عند وضعه في وعاء يحتوي على ماء مثلج فدرجة الحرارة المنخفضة جدا تبطئ سرعة جزيئات الهواء داخل البالون فيقل تدافعها وارتطامها بجدران البالون فينكمش .

وفي كثير من الاحيان نتعامل مع حجمين V_1 و V_2 لكمية معينة من غاز عند درجتي حرارة مختلفتين T_1 و T_2 على التوالي لذلك يمكن استخدام العلاقة العامة للحجم ودرجة الحرارة عند ثبوت الضغط كالآتي:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$ (عند ثبوت الضغط وكمية الغاز)

مثال 2 – 6 :

ملئ بالون (نفاخة) بالهواء حتى اصبح حجمه 4 L بدرجة حرارة 27°C ما حجم البالون بعد وضعه في المجمدة علما بان درجة حرارتها 0°C (الضغط ثابت في الحالتين)؟

الحــــل :

اولاً : نحول درجتي الحرارة من °C الى K بالقانون الاتي :

$T\ (K) = t\ °C + 273$

$T_1\ (K) = 27 + 273 = 300\ K \qquad V_1 = 4\ L$

$T_2\ (K) = 0 + 273 = 273\ K \qquad V_2 = ?\ L$

ثانياً : نجد الحجم بعد تغير درجة الحرارة باستخدام قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \qquad T_1, V_1, T_2 \longrightarrow V_2$$

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{(4\ L)(273\ K)}{(300\ K)}$$

$V_2 = 3.64\ L$

تمرين (2–5)

غاز CO_2 في بالون حجمه 1L في درجة حرارة 27°C ما حجم البالون عندما يوضع في حوض مبرد بدرجة حرارة −3 °C ؟

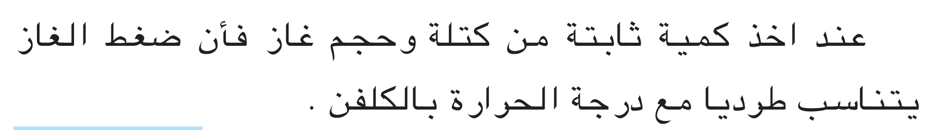
2 – 5 – 3 علاقة الضغط ودرجة الحرارة (قانون غي لوساك)



عندما يسخن غاز بحجم ثابت يزداد الضغط .



وعندما يبرد غاز بحجم ثابت يقل الضغط .



عند اخذ كمية ثابتة من كتلة وحجم غاز فأن ضغط الغاز يتناسب طرديا مع درجة الحرارة بالكلفن .

$P \propto T$

$P = k \times T$

حيث k ثابت التناسب $\frac{P}{T} = k$



وعند استخدام غاز بدرجتي حرارة مختلفتين T_1 و T_2 عند ضغطين مختلفين P_1 و P_2 على التوالي يمكن استخدام العلاقة السابقة كالاتي :

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \text{(عند ثبوت الحجم وكمية الغاز)}$$

ويمكن ان يعبر عن قانون غي لوساك كما يلي: (يتغير ضغط كتلة معينة من الغاز تغيراً طردياً مع درجة حرارته المقاسة بالكلفن اذا كانت كميته وحجمه ثابتان) .

هل تعلم

يدور سائل التبريد في انابيب الثلاجة باستمرار وعندما يعبر فتحة ضيقة يتمدد بسرعة متحولا الى غاز وفي تحوله الى الغاز يمتص الحرارة اللازمة من محيطه (اي من داخل الثلاجة) فيبرده ثم يسري الغاز الى الضاغط الذي يحوله ثانية الى سائل وعملية التسييل بالضغط هذه تطلق حرارة كافية لان تشعر بها في خلفية الثلاجة.

مثال 2 – 7 :

لماذا ينصح دائما بعدم رمي علب معطرات الجو او الجسم في النار وعلى فرض بان لديك علبة من معطر جو تحتوي على غاز تحت ضغط 3 atm وبدرجة حرارة 17°C ما ضغطها عندما تتعرض الى حرارة قدرها 187°C ؟

الحـــل :

انه عندما ترتفع درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية للجزيئات وبالتالي يزداد عدد اصطداماتها بجدران العلبة مما يؤدي الى زيادة الضغط المسلط من قبل الغاز على جدرانها وبالتالي قد تؤدي الى انفجارها وتشظيها .

نحول درجة °C الى K

$$T\,(K) = t\,(°C) + 273$$

$T_1\,(K) = 17 + 273 = 290\ K$ $\qquad P_1 = 3\ atm$

$T_2\,(K) = 187 + 273 = 460\ K$ $\qquad P_2 = ?\ atm$

نجد الضغط P_2 بعد تغير درجة الحرارة باستخدام قانون غي لوساك .

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \qquad T_1, P_1, T_2 \longrightarrow P_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{(3\ atm)(460\ K)}{(290\ K)}$$

$$P_2 = 4.75\ atm$$

تمرين (2–6)

قام رجل يروم السفر من بغداد الى البصرة بقياس ضغط الهواء في اطار سيارته فوجد انه يبلغ 1.8 atm بدرجة حرارة 20°C وعند وصوله الى البصرة اصبحت درجة الحرارة داخل الاطار 36°C ما ضغط الهواء داخل الاطار .

هل تعلم

يتوجب فحص ضغط الهواء في اطارات السيارة بانتظام لدواعي السلامة وكذلك لمنع التآكل غير المتساوي لسطح الاطار الخارجي.

6 – 2 القانون الموحد للغازات The Combined Gas – law

كما رأينا ينص قانون بويل رياضياً على انه . . . . $PV = k$

وكذلك قانون شارل ينص على . . . . $\frac{V}{T} = k`$

وقانون غي لـوساك ينص على . . . . $\frac{P}{T} = k``$

من هذه القوانين الثلاثةيمكن ان يصاغ قانون موحد هو

$$\frac{PV}{T} = k$$

(حيث k = كمية ثابتة)

وفي حالة تغير ظروف الغاز (P_1 و V_1 و T_1) الى حالته الثانية (P_2 و V_2 و T_2) مع بقاء كميته ثابتة يمكن ان نكتب :

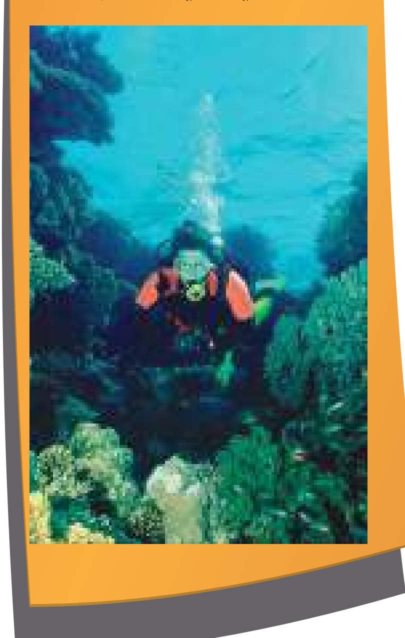
$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

يطلق على المعادلة اعلاه بمعادلة الحالة (Equation of state)

وهذا القانون لكمية محددة من الغاز.

هل تعلم

فقاقيع الغاز التي ينفثها الغواص تكبر تدريجيا كلما ارتفعت نحو السطح فهي صغيرة الحجم تحت ضغط السائل الاكثر في العمق وكلما ارتفعت نحو السطح يقل السائل الضاغط عليها فيزداد حجمها .



مثال 2 – 8 :

فقاعة هواء صغيرة حجمها 2.1 mL أرتفعت من قاع بحيرة حيث الضغط 6.4atm ودرجة حرارة 8 °C الى سطح الماء حيث درجة الحرارة 25 °C والضغط 1 atm. أحسب حجم الفقاعة على سطح الماء.

الحـــــل :

نحول درجة °C الى K

$T(K) = t(°C) + 273$

$T_1(K) = 8 + 273 = 281\,K$

$T_2(K) = 25 + 273 = 298\,K$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \qquad P_1, T_1, V_1, P_2, T_2 \longrightarrow V_2$$

$$V_2 = \frac{V_1\,P_1\,T_2}{P_2\,T_1}$$

$$V_2 = \frac{2.1\ mL \times 6.4\ \cancel{atm} \times 298\ \cancel{K}}{1\ \cancel{atm} \times 281\ \cancel{K}}$$

$V_2 = 14.25\ mL$ حجم الفقاعة على سطح الماء

تمرين (2–7)

عينة من غاز CO_2 حجمها 4 L وتحت ضغط 1.2 atm وبدرجة حرارة 66°C تعرض الى تغير فاصبح حجمها 1.7 L عند درجة حرارة 42°C احسب ضغطه علماً بان عدد مولاته لم تتغير.

2 – 7 علاقة كمية الغاز والحجم (قانون افوكادرو)

وجد العالم الايطالي افوكادرو انه عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة فان حجم الغاز يتناسب طرديا مع كميته . وكما عرفت من الفصل الاول (الفقرة 1 – 14) ان كمية الغاز تقاس بعدد مولاته (n) ولذلك حسب ماوجده افوكادرو ان :

$$V \propto n$$

$$V = k\,n$$ حيث k ثابت التناسب

وعند استخدام غاز بكميتين مختلفتين n_1 و n_2 تشغلان حجمين مختلفين V_1 و V_2 فانه يمكن استخدام العلاقة الاتية:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$ (عند ثبوت درجة الحرارة والضغط)

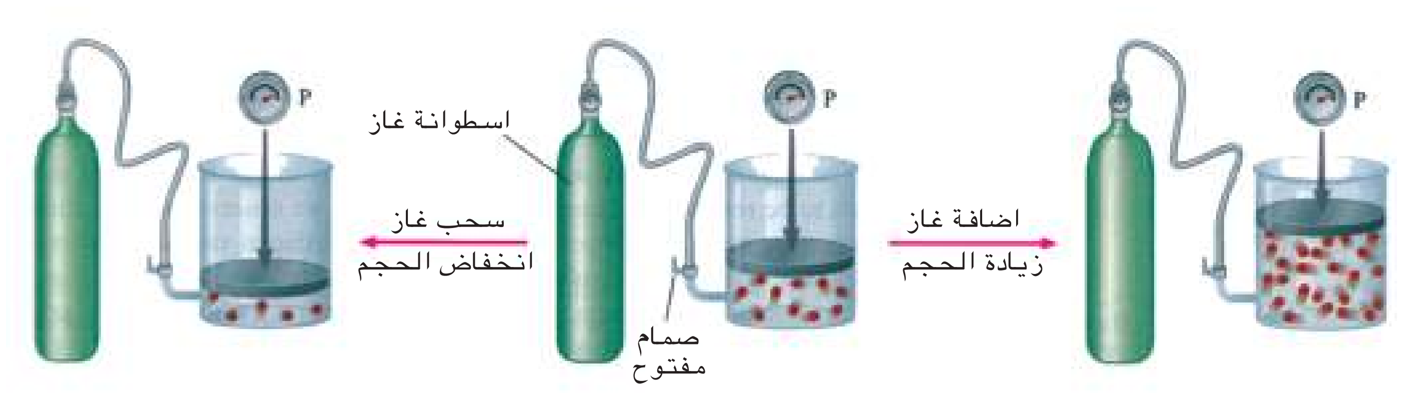
هل تعلم

عندما انجز غي لوساك اكتشافه المتضمن علاقات الحجم بالتفاعلات الكيميائية لم يقبل الكيميائيون النظرية الذرية ولم يكونوا يعرفون التركيب الصحيح للمواد لذلك لم يكن في استطاعتهم كتابة المعادلات الكيميائية وقد سمحت دراسات كل من غي لوساك وافوكادرو بكتابة المعادلات الكيميائية كما نكتبها نحن اليوم .

وعليه يمكن صياغة قانون افوكادرو كالاتي :

(تحتوي الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة على عدد متساوي من المولات عند ثبوت درجة الحرارة والضغط) .

ويمكن ملاحظة ذلك في الشكل (2 – 3).



الشكل(2–3)

عند سحب الغاز تقل عدد مولاته لذلك يقل حجم الغاز . وعند اضافة كمية من الغاز تزداد عدد مولاته لذلك يزداد حجم الغاز (وهذا عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة) .

2–7–1 الكميات المولية

ان اي كمية تقسم على عدد المولات (n) تسمى بالكمية المولية ومثال على ذلك ان الحجم المولي Vm يساوي V مقسوم على عدد المولات n اي

$$V_m = \frac{V\,(L)}{n\,(mol)} = L\ /\ mol$$

والحجم المولي الذي يحتله اي غاز مقاساً عند الظروف القياسية (Standrad Temperature and Pressure) (STP) والتي تساوي ضغط 1 atm (760 Torr) ودرجة حرارة 0°C (273 K) يساوي كمية ثابتة 22.414 L (22414 cm^3) .

والكتلة m بقسمتها على عدد المولات n تسمى بالكتلة المولية M (التي تعرفت عليها في الفصل الاول) وتعرف الكتلة المولية M حسب العلاقة الاتية:

$$M=\frac{m\,(g)}{n\,(mol)}=g\,/\,mol$$

تمرين (2–8)
احسب الحجم المولي لغاز تشغل 3 moles منه 37.5 L .

مثال 2 – 9 :

غاز الهيدروجين يشغل حجما قدر 22.4 L في الظروف القياسية (STP) عندما ناخذ 1 mol منه ، ما حجمه في نفس الظروف عندأخذ 3 moles منه .

الحـــــل :

$$\frac{V_1}{n_1}=\frac{V_2}{n_2} \qquad V_1, n_1, n_2 \longrightarrow V_2$$

$$V_2=\frac{V_1 n_2}{n_1}=\frac{(22.4\ \ L)(3mol)}{(1mol)}$$

$V_2 = 67.2$ L

تمرين (2–9)
غاز حجمه 11.2 L في الظروف القياسية (STP) عدد مولاته 0.5 mol . ما عدد مولاته في نفس الظروف عندما يكون حجمه 16.8 L.

2 – 8 قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law

يمكن بشكل عام ان نحصل على علاقة رياضية من ربط قوانين الغازات الاربعة مع بعضها البعض :

قانون بويل .... $PV = k$

قانون شارل .... $\frac{V}{T} = k`$

قانون غي لوساك .... $\frac{P}{T} = k``$

قانون افوكادرو .... $\frac{V}{n} = k```$

وبربط هذه المعادلات مع بعضها يمكن الحصول على العلاقة الرياضية الاتية:

$$V \propto n\,\frac{T}{P}$$

وعند تحويل التناسب الى مساواة نحصل على

$$V = (\text{constant})\ n\ \frac{T}{P}$$

ويرمز لثابت التناسب (constant) بالحرف R لذا تصبح المعادلة الاخيرة على الصورة الاتية:

معادلة الغاز المثالي $PV = nRT$

يطبق هذا القانون فقط على الغازات التي تنطبق عليها قوانين الغازات الاربعة وتسمى مثل هذه الغازات بالغازات المثالية (Ideal gases). ويمثل R ثابت يسمى الثابت العام للغازات . وعند استخدام هذه المعادلة حسابياً يجب ان تكون وحدات P بالجو (atm) و V باللتر (L) وعدد المولات (n) بالمول (mole) و T بالكلفن (K).

وعندما نريد ايجاد قيمة R نأخذ مول واحد من اي غاز مثالي (n = 1) في الظروف القياسية (STP) (درجة حرارة 0°C وضغط 1 atm) والذي يشغل حجماً قدره 22.414 L وبالتعويض في معادلة الغاز المثالي : $PV= nRT$

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1\ \text{atm} \times 22.414\ \text{L}}{1\ \text{mol} \times 273\ \text{K}}$$

$$R = 0.082\ \frac{\text{atm}\ .\ \text{L}}{\text{mol}\ .\ \text{K}}$$

وبالامكان استخدام الوحدات الدولية (SI) للضغط (باسكال) (101325 Pa) والحجم يساوي $22.4 \times 10^{-3}\ m^3$ وعدد المولات يساوي 1 mol ودرجة الحرارة تساوي 273 K لايجاد قيمة R بالوحدات الدولية : $PV= nRT$

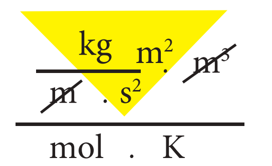
$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{101325\ \text{Pa} \times 22.4 \times 10^{-3}\ \text{m}^3}{1\ \text{mol} \times 273\ \text{K}}$$

$$R = 8.314\ \text{Pa.m}^3/\text{mol}\ .\ \text{K}$$

والوحدة Pa تعرف بانها $\frac{Kg}{m\ .\ s^2}$ وبتعويضها في الوحدة اعلاه


هل تعلم
اذا عرفت قيم كل من درجة الحرارة والضغط والحجم لاي غاز تستطيع استخدام قانون الغاز المثالي لحساب عدد مولات هذا الغاز .





$$\frac{\frac{kg}{m \cdot s^2} \cdot m^3}{mol \cdot K}$$

ووحدة $\frac{kg.m^2}{s^2}$ هي وحدة الطاقة جول (J) وعليه

$R = 8.314 \ J/mol.K$

مثال 2 – 10 :

احسب عدد مولات غاز NO في الظروف القياسية اذا كان حجمه 5.6 L .

الحـــــل :

الظروف القياسية هي ضغط 1atm ودرجة حرارة 273 K

$PV = nRT$ P , V , T ⟶ n

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{1 \ atm \times 5.6 \ L}{0.082 \ atm.L/mol.K \times 273 \ K}$$

$n = 0.25 \ mol$

> **هل تعلم**
>
> وحدة ثابت العام للغازات:
>
> $R = 8.314 \ J/mol.K$
>
> تستخدم فقط في حالة الحسابات التي تشمل على وحدات الطاقة لذا سوف لن نستخدمها هنا في هذا الفصل بل ذكرت للتعريف بها حيث سوف تستخدمها في السنين القادمة في دراستك للكيمياء.

> **تمرين (2–10)**
>
> ما عدد مولات غاز O_2 حجمه 10 L بالظروف القياسية (STP) .

2 – 8 – 1 حساب كثافة الغاز

ان بالامكان استخدام معادلة الغاز المثالي لحساب كثافة الغاز وفق الاتي :

$PV = nRT$ .... (1)

وبما ان المول (n) يعرف بأنه $n = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$

نعوض عن n بالمعادلة (1) لنحصل على

$PV = (\frac{m}{M})RT$ .... (2)

او بصورة اخرى

$P M = (\frac{m}{V})RT$ .... (3)

ومن تعريف الكثافة $\rho = \frac{m(g)}{V(L)}$

حيث ρ تمثل الكثافة وبتعويضها بالمعادلة (3) نحصل على

$P M = \rho RT$ .... (4)

وبترتيب المعادلة (4) نحصل على المعادلة التالية التي تمثل علاقة رياضية لحساب كثافة الغاز من معرفة الضغط والكتلة المولية عند درجة حرارة معينة .

علاقة كثافة الغاز $\rho = \frac{PM}{RT}$

وبنفس الفكرة السابقة نستطيع ايجاد كتلة الغاز او كتلته المولية من المعادلة رقم (3)

$$P\,M = (\frac{m}{V})RT$$

التي يمكن ترتيبها بالشكل الاتي:

علاقة كتلة الغاز $m = \frac{PMV}{RT}$

مثال 2 – 11 :

يستخدم الهيدرازين (N_2H_4) وقوداً للصواريخ . احسب كثافته عند الظروف القياسية (STP) .

الحـــل :

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

P , T , M ⟶ ρ

الكتلة المولية للهيدرازين

$$M(N_2H_4) = (2 \times 14) + (4 \times 1) = 32\ g/mol$$

الظروف القياسية هي ضغط 1atm ودرجة حرارة K 273 لذا

$$\rho = \frac{1\,(\cancel{atm}) \times 32\,(g/\cancel{mol})}{0.082\,(L\,.\,\cancel{atm}/\cancel{mol}\,.\,\cancel{K}) \times 273\,(\cancel{K})}$$

$$\rho = 1.43\ g/L$$

تمرين (2–11)

احسب كثافة غاز الاوكسجين (O_2) بوحدات g/L في درجة حـــرارة K 373 وضغط 5 atm .

مثال 2 – 12 :

ما عدد مولات عينة غاز تشغل 700 mL عند ضغط قدره 0.8 atm ودرجة حرارة 27°C .

الحـــل :

نحول حجم الغاز من وحدة mL الى وحدة L

$$V(L) = V\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ mL} = 700\ \cancel{mL} \times \frac{1\ L}{1000\ \cancel{mL}} = 0.7\ L$$

نحول درجة الحرارة من وحدة °C الى وحدة K

$$T(K) = t(°C) + 273$$

$$T = 27 + 273 = 300\ K$$

ومن معادلة الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

P , V , T ⟶ n

$$n = \frac{0.8\ atm \times 0.7\ L}{0.082\ atm.L / mol.K \times 300\ K}$$

$$n = 0.023\ mol$$

تمرين (2–12)

غاز الميثان هو احد الغازات الناتجة من عملية تكرير النفط اخذت عينة منه قدرها 0.5 mol وتحت ضغط 3 atm بدرجة حرارة 27°C. احسب الحجم بالمليلتر (mL) الذي تشغله العينة .

مثال 2 – 13 :

وجد ان ضغط غاز في وعاء حجمه 3 L ودرجة حرارة 27°C يساوي 5.46 atm . احسب كتلة الغاز وعدد مولاته في الوعاء علماً بان الكتلة المولية للغاز 44 g/mol

الحـــل :

نحول درجة الحرارة من وحدة °C الى وحدة K

$$T(K) = t(°C) + 273$$

$$T = 27 + 273 = 300\ K$$

وباستخدام العلاقة

$$m = \frac{MPV}{RT}$$

P , V , T , M ⟶ m

$$m = \frac{44\ g/mol \times 5.46\ atm \times 3\ L}{0.082\ atm.L / mol.K \times 300\ K}$$

$$m = 29.3\ g$$

ولحساب عدد المولات نستخدم العلاقة الاتية :

$$n = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)}$$

$$n = \frac{29.3\ g}{44\ g/mol} = 0.67\ mol$$

تمرين (2–13)

عينة من غاز كتلتها 4.41 g تشغل حجما قدره 900 mL تحت ضغط 3.65 atm بدرجة حرارة 127°C ما كتلتها المولية .

مثال 2 – 14 :

احسب الكتلة المولية لغاز كتلته 0.6 g في وعاء حجمه 500 mL ودرجة حرارة 227°C علماً بان ضغط الغاز يساوي 748 Torr .

الحـــــل :

نحول حجم الغاز من وحدة mL الى وحدة L

$$V(L) = V\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ mL} = 500\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ mL} = 0.5\ L$$

نحول درجة الحرارة من وحدة °C الى وحدة K

$$T(K) = t(°C) + 273$$

$$T = 227 + 273 = 500\ K$$

نحول الضغط من Torr الى atm

$$P\ atm = P\ Torr \times \frac{1atm}{760Torr} = 748\ Torr \times \frac{1atm}{760Torr} = 0.984\ atm$$

ومن العلاقة

$$M = \frac{mRT}{PV}$$

$$M = \frac{0.6\ g \times 0.082\ atm.L/mol.K \times 500K}{0.984\ atm \times 0.5\ L}$$

$$M = 50\ g/mol$$

مثال 2 – 15 :

0.31 g من غاز كتلته المولية 32 g/mol تحت ضغط 1.17 atm. عند اي درجة حرارة تشغل هذه العينة حجماً مقداره 0.23 L .

الحـــــل :

$$PV = \frac{m}{M}RT$$

$$T = \frac{PVM}{mR}$$

P , V , m , M → T

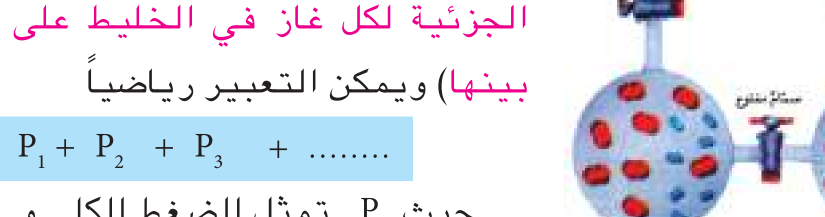
$$T = \frac{1.17\ (atm) \times 0.23\ (L) \times 32\ (g/mol)}{0.31\ (g) \times 0.082\ (L\ .\ atm/mol\ .\ K)}$$

$$T = 339\ K$$

هل تعلم

ما الذي يمنع الجزيئات في الغلاف الجوي من الهروب الى الفضاء الخارجي؟
للارض قوة جذب فكما اننا لا يمكننا بسهولة الافلات من جاذبيتها فكذلك جزيئات الغازات لا يمكنها الهروب من مجال الجاذبية الارضية ولغرض الهروب يجب عليها ان تمتلك سرعة مساوية الى او اكبر من 1.1×10^3 m/s والتي تسمى بسرعة الهروب وبما ان معدل سرعة ذرات الهيليوم هي اعلى من تلك السرعة فان اكثر ذرات الهيليوم تهرب من الغلاف الجوي نحو الفضاء الخارجي لذلك لا تحتوي الارض كميات محسوسة من غاز الهيليوم في غلافها الجوي .

9 – 2 قانون دالتون للضغوط الجزئية Dalton's law of partial pressures



عند فتح الصمام ينتشر الغازين في كلا الدورقين لذلك سيتغير ضغط الغازين حسب قانون دالتون .

لقد تعاملنا في ما سلف ذكره مع غاز واحد، فماذا بشأن خليط من الغازات التي لا تتفاعل مع بعضها البعض كالهواء مثلاً؟ لقد قام دالتون بدراسة الهواء ولاحظ ان الضغط الكلي للغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية لكل غاز على حدة كما لو كان هذا الغاز موجوداً لوحده في الوعاء، وان ضغط كل غاز على حدة يسمى بالضغط الجزئي وينص قانون دالتون (ان الضغط الكلي لخليط من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية لكل غاز في الخليط على شرط ان لا يحدث تفاعل بينها) ويمكن التعبير رياضياً

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots\ldots$$

حيث P_T تمثل الضغط الكلي و P_1 و P_2 و P_3 .... الخ تمثل الضغوط الجزئية للغازات المكونة للخليط .

2 – 9 – 1 العلاقة بين الضغط الكلي وعدد المولات الكلية والكسر المولي

لنفرض انه لدينا خليط من غازين في اناء واحد تحت درجة حرارة وحجم معينين . بتطبيق قانون الغاز المثالي لكل غاز على حدة نحصل على ضغطهما :

$$P_1 = \frac{n_1 R T}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$P_2 = \frac{n_2 R T}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

ومن قانون دالتون

$$P_T = P_1 + P_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

نعوض المعادلات (1) و (2) في المعادلة (3) نحصل على

$$P_T = \frac{n_1 R T}{V} + \frac{n_2 R T}{V} = (n_1+n_2)\frac{R T}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

بقسمة معادلة (1) على معادلة (4)

$$\frac{P_1}{P_T} = \frac{n_1 \frac{R T}{V}}{(n_1+n_2)\frac{R T}{V}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

وبحذف المتشابهات نحصل على

$$\frac{P_1}{P_T} = \frac{n_1}{n_1+n_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

ويمكن ان نجمع عدد المولات الجزئية حيث n_T تمثل عدد المولات الكلية لخليط الغازات اي مجموع المولات الجزئية

$$n_T = n_1 + n_2$$

وهكذا تصبح المعادلة (6) على الصورة الاتية

$$\frac{P_1}{P_T} = \frac{n_1}{n_T} \quad \text{........ ....} \quad (7)$$

وبشكل مشابه للمكون 2

$$\frac{P_2}{P_T} = \frac{n_2}{n_T} \quad \text{........ ....} \quad (8)$$

الكسر المولي (mole fraction) : يعرف الكسر المولي لاي مكون من مكونات المزيج 1 او 2 بانه النسبة بين عدد مولات ذلك المكون على مجموع عدد مولات المكونات (عدد المولات الكلية) . يرمز للكسر المولي للمكون 1 (x_1) ويساوي

$$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{n_1}{n_T}$$

وللكسر المولي للمكون 2 (x_2) يساوي

$$x_2 = \frac{n_2}{n_T}$$

وعند تعويض الكسر المولي بالمعادلة (7) و(8) نحصل على:

$$\frac{P_1}{P_T} = x_1 \quad \text{و} \quad \frac{P_2}{P_T} = x_2 \quad \text{........ ....} \quad (9)$$

ومنها يمكننا الحصول على المعادلات الاتية :

$$P_1 = x_1 \times P_T \quad \text{و} \quad P_2 = x_2 \times P_T \quad \text{........ ....} \quad (10)$$

وبشكل عام يمكن كتابة المعادلة(10) كالاتي

$$P_i = x_i \times P_T$$

حيث يمثل x_i الكسر المولي للمكون i و P_i ضغطه الجزئي.

ولا بد ان نعلم ان مجموع الكسور المولية لمزيج من الغازات يساوي الواحد الصحيح ويمكن تطبيق ذلك على المثال المذكور سابقاً لمزيج مكون من غازين كما يأتي :

$$x_1 + x_2 = \frac{n_1}{n_1+n_2} + \frac{n_2}{n_1+n_2} = \frac{n_1+n_2}{n_1+n_2} = 1$$

وبشكل عام يمكن كتابة المعادلة الاتية :

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \ldots = 1$$

مثال 2 – 16 :

خليط من الغازات النبيلة تحتوي 4.46 mol من غاز النيون (Ne) و 0.74 mol من الاركون (Ar) و 2.15 mol من الزينون (Xe). احسب الضغط الجزئي لكل غاز علما بان الضغط الكلي يساوي 2 atm ودرجة الحرارة ثابتة .

الحـــل :

اولا : نجد عدد المولات الكلية

$n_T = n_{Ne} + n_{Ar} + n_{Xe}$

$n_T = 4.46\ mol + 0.74\ mol + 2.15\ mol$

$n_T = 7.35\ mol$

ثانيا : نجدالكسر المولي لكل غاز على حده

$$x_{Ne} = \frac{n_{Ne}}{n_T} = \frac{4.46\ mol}{7.35\ mol} = 0.607$$

$$x_{Ar} = \frac{n_{Ar}}{n_T} = \frac{0.74\ mol}{7.35\ mol} = 0.100$$

$$x_{Xe} = \frac{n_{Xe}}{n_T} = \frac{2.15\ mol}{7.35\ mol} = 0.293$$

ثالثا : نجد الان الضغط الجزئي لكل غاز

بما ان

$P_i = x_i \times P_T$

وبالتعويض عن i برمز الغاز في القانون السابق نحصل على

$P_{Ne} = P_T\ x_{Ne} = 2\ atm \times 0.607 = 1.214\ atm$

$P_{Ar} = P_T\ x_{Ar} = 2\ atm \times 0.100 = 0.200\ atm$

$P_{Xe} = P_T\ x_{Xe} = 2\ atm \times 0.293 = 0..586\ atm$

وللتاكد نجمع الضغوط الجزئية المفروض انها = 2

$1.214\ atm + 0.200\ atm + 0.586\ atm = 2.000\ atm$

تمرين (2–14)

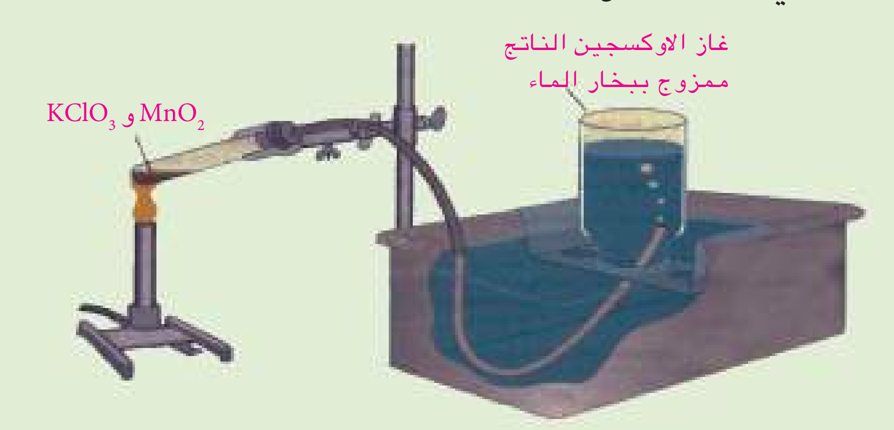
يحتوي آناء على خليط من الغازات الطبيعية الناتجة من تكرير النفط مقاديرها هي 6 mol من غاز الميثان و 4 mol من الايثان و 2 mol من البروبان فاذا علمت ان الضغط الكلي لها 6 atm احسب الضغط الجزئي لكل غاز. ..

مثال 2 – 17 :

حضر غاز الاوكسجين من التسخين الشديد لكلورات البوتاسيوم بوجود MnO_2 كعامل مساعد وجمع الغاز بازاحة الماء نحو الاسفل بدرجة حرارة 24°C وتحت ضغط 762.4 mmHg وكان حجمه 128 mL. احسب كتلة الغاز بالغرام علما بان الكتلة المولية للاوكسجين تساوي 32 g/mol وضغط بخار الماء يساوي 22.4 mmHg بدرجة حرارة 24°C.

الحـــــل :

ان الغاز المجموع في التجربة اعلاه يكون ممزوجا مع كمية من بخار الماء لذا يصبح لدينا خليط من الغاز مع بخار الماء موجود في قنينة جمع الغاز



يمثل الضغط 762.4 mmHg الضغط الكلي لكل من O_2 وبخار الماء . لذا علينا ايجاد ضغط O_2 الجزئي .

$$P_T = P_{O_2} + P_{H_2O}$$

$$762.4 = P_{O_2} + 22.4$$

$$P_{O_2} = 740 \text{ mmHg}$$

نحول الضغط من mmHg الى atm

$$P\ atm = P\ mmHg \times \frac{1atm}{760\ mmHg} = 740\ \cancel{mmHg} \times \frac{1atm}{760\ \cancel{mmHg}}$$

$$= 0.974 \text{ atm}$$

نحول حجم الغاز من وحدة mL الى وحدة L

$$V(L) = V\ mL \times \frac{1\ L}{1000\ mL} = 128\ \cancel{mL} \times \frac{1\ L}{1000\ \cancel{mL}} = 0.128\ L$$

نحول درجة الحرارة من وحدة °C الى وحدة K

$$T(K) = t(°C) + 273 = 24 + 273 = 297\ K$$

تمرين (2–15)

حضر غاز الهيدروجين من تفاعل الكالسيوم مع الماء وجمع بازاحة الماء الى الاسفل بدرجة حرارة 30°C وتحت ضغط 988 mmHg وكان حجمه 641 mL احسب كتلة غاز الهيدروجين بالغرام علما بان الكتلة المولية من H_2 تساوي 2 g/mol وضغط بخار الماء بدرجة 30°C يساوي 31.82 mmHg.

تمرين (2–16)

عينة من الهواء كان الضغط الجزئي لكل غاز من مكونات العينة كالاتي: للنتروجين 569 Torr وللاوكسجين 116 Torr ولثنائي اوكسيد الكاربون 28 Torr ولبخار الماء 0.47 Torr فما هي نسبة هذه الغازات في الهواء محسوبة بالكسر المولي.

وباستخدام معادلة الغاز المثالي

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

وكتلة الغاز تساوي

$$m = \frac{PVM}{RT}$$

$$m = \frac{0.974\ (\cancel{atm}) \times 0.128\ (\cancel{L}) \times 32\ (g/\cancel{mol})}{0.082\ (\cancel{L}\ .\ \cancel{atm}/\cancel{mol}\ .\ \cancel{K}) \times 297\ \cancel{K}}$$

$$m = 0.164\ g$$

مثال 2 – 18 :

يحتوي دورق حجمه 2L في درجة حرارة 7°C على خليط من الغازات 3.2 g من الاوكسجين و 0.4 g من الهيليوم و 14 g من النتروجين . احسب الضغط الكلي للخليط علما بان الكتلة المولية للاوكسجين تساوي 32 والنتروجين 28 والهيليوم 4 بوحـــدات g/mol .

الحـــــل :

$$n_{He} = \frac{m(g)}{M\ (g/mol)} = \frac{0.4\ \cancel{g}}{4\ \cancel{g}/mol} = 0.1\ \ mol$$

$$n_{O_2} = \frac{3.2\ \cancel{g}}{32\ \cancel{g}/mol} = 0.1\ \ mol$$

$$n_{N_2} = \frac{14\ \cancel{g}}{28\ \cancel{g}/mol} = 0.5\ \ mol$$

نحول °C الى K

$$T\ (K) = t\ (°C) + 273 = 7 + 273 = 280\ \ K$$

نجد مجموع عدد المولات الكلي للخليط

$$n_T = n_{He} + n_{O_2} + n_{N_2}$$

$$n_T = 0.1 + 0.1 + 0.5 = 0.7\ mol$$

باستخدام معادلة الغاز المثالي

$$P_T = \frac{n_T\ RT}{V}$$

$$P_T = \frac{0.7\ \cancel{mol} \times 0.082\ atm.\cancel{L}\ /\ \cancel{mol}.\cancel{K} \times 280\ \cancel{K}}{2\ \cancel{L}} = 8.036\ atm$$

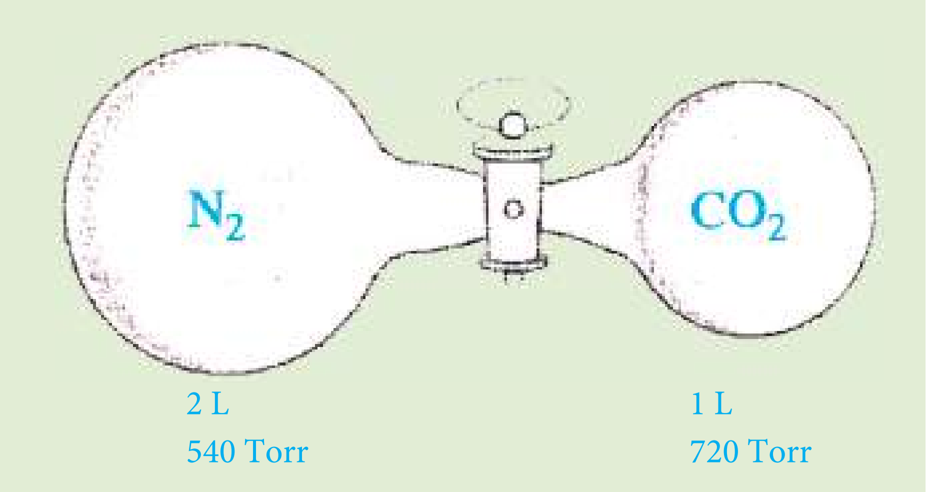
هل تعلم

في الكثير من الاعمال المهمة تتم تحت سطح المحيطات ويقوم بمعظمها غطاسون متمرسون يستطيعون اصلاح السفن وفحصها. يتعرض الغطاسون الى ضغط الماء ويكون الضغط كبيرا حتى لو كان العمق امتارا قليلة وان جرب احدهم ان يتنفس من انبوبة لها فتحة في اعلى سطح الماء فانه لا يستطيع لان رئتيه لا يمكنهما التمدد لذا يستخدم الغطاسون ادوات خاصة بالتنفس في الاعماق وتكون الغازات التي يحملونها مضغوطة وهناك جهاز متصل باسطوانات الهواء التي يحملونها معهم يعرف بالمنظم ويعمل اوتوماتيكيا لضبط ضغط الهواء الخارج من الاسطوانات والذي يدخل الى الرئتين ويعمل المنظم على معادلة الضغط داخل وخارج الرئتين و يستخدم الغطاسون خليط خاص من الغازات بدلا من الهواء المضغوط وهو خليط من غازات الهيليوم والاوكسجين وكمية قليلة من غاز النتروجين يعرف هذا الخليط بالهليوكس ويستخدم هذا الخليط في عمليات الغطس العميقة جدا .

مثال 2 – 19 :

وعاءان متصلان بصمام . الاول حجمه 1 L يحتوي على غاز CO_2 تحت ضغط 720 Torr والثاني حجمه 2 L يحتوي على غاز N_2 تحت ضغط 540 Torr احسب الضغط الكلي عند فتح الصمام على فرض ثبوت درجة الحرارة.

الحـــــل :



عند فتح الصمام سوف ينتشر الغازان ويختلطان وسيشغل كلا الغازين مجموع الحجمين وبالتالي سوف يتغير ضغط كل منهما وعليه فالحجم الكلي سيكون :

$$V_2 = V_{N_2} + V_{CO_2} = 2 + 1 = 3\ L$$

الان نحسب الضغط الجزئي لكل غاز باستخدام علاقة بويل

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

فالضغط الجزئي لـ CO_2 في الخليط سيكون كالاتي :

$$P_1 = \frac{720\ Torr \times 1\ \cancel{L}}{3\ \cancel{L}} = 240\ Torr = P_{CO_2}$$

والضغط الجزئي لـ N_2 في الخليط يساوي :

$$P_2 = \frac{540\ Torr \times 2\ \cancel{L}}{3\ \cancel{L}} = 360\ Torr = P_{N_2}$$

لذا فالضغط الكلي للخليط سيصبح :

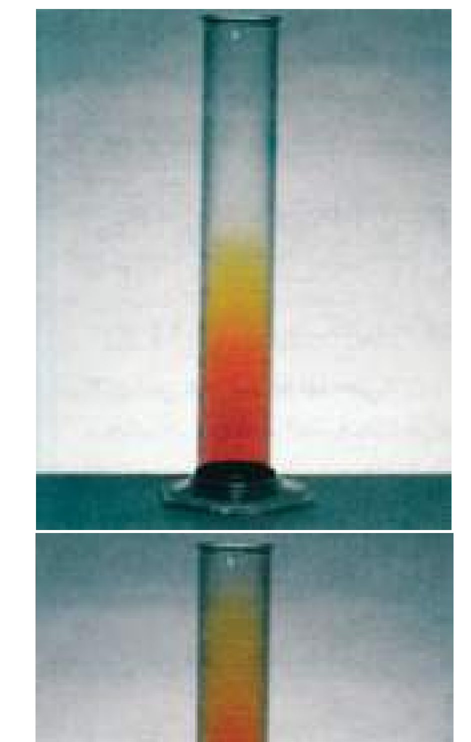
$$P_T = P_{CO_2} + P_{N_2}$$

$$P_T = 240\ Torr + 360\ Torr = 600\ Torr$$

تمرين (2–17)

كم هو الضغط الكلي الناتج عن خلط 20 mL من N_2 وتحت ضغط 740 Torr مع 30 mL من O_2 وعند ضغط 640 Torr اذا تم خلطها في وعاء حجمه 50 mL علما بان درجة الحرارة ثابتة .

قانون الانتشار لكراهام Graham's Law of Diffusion



وجد كراهام من تجاربه المختلفة ان سرعة انتشار الغازات النافذة خلال ثقوب صغيرة تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لكثافة الغاز وكذلك توصل كراهام الى ان (سرعة الانتشار للغازات النافذة خلال الثقوب الصغيرة تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية (M) ايضاً).

فاذا اعتبرنا سرعة نفاذ غازين من خلال نفس الثقوب هي r_1 و r_2 وكانت كثافتيهما ρ_1 و ρ_2 على التوالي فانه واعتمادا على قانون كراهام يكون:

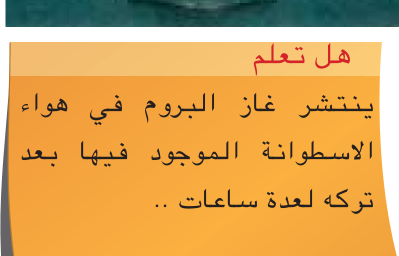
$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

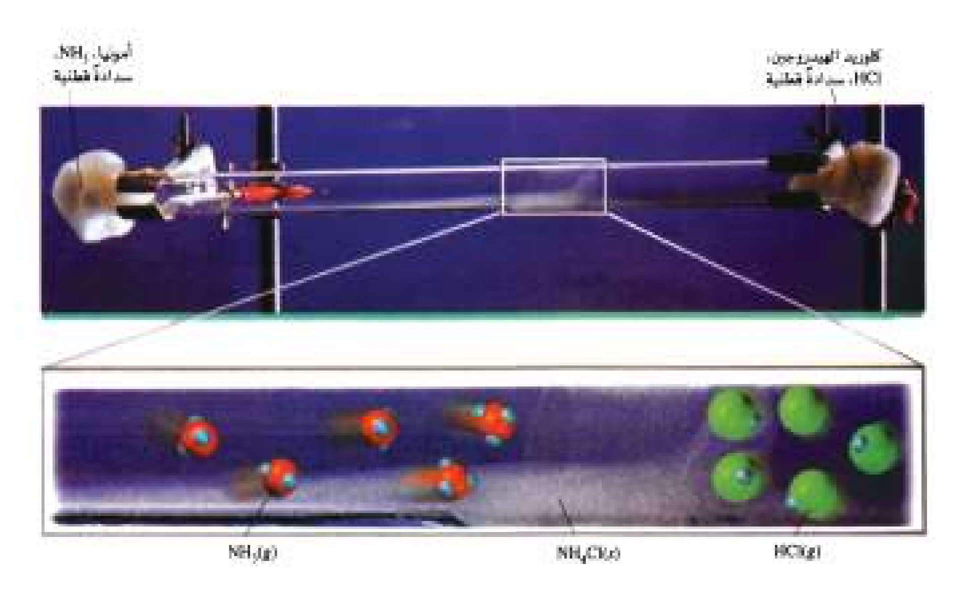
حيث M_1 و M_2 هي الكتل المولية للغازين على التوالي .

وبتطبيق القانون على انتشار غازي الهيدروجين والاوكسجين النافذة من خلال ثقب معين نتوصل الى :

$$\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{\rho_{O_2}}{\rho_{H_2}}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}}$$

حيث r_{H_2} و ρ_{H_2} و M_{H_2} هي سرعة وكثافة والكتلة المولية لغاز الهيدروجين على الترتيب اما r_{O_2} و ρ_{O_2} و M_{O_2} هي الكميات المناظرة بالنسبة الى غاز الاوكسجين .





الكتلة المولية لغاز كلوريد الهيدروجين 36.5 g/mol ولغاز الامونيا 17 g/mol لذلك سرعة انتشار غاز الامونيا تكون اسرع من كلوريد الهيدروجين .

مثال 2 – 20 :

اذا علمت ان سرعة انتشار غاز الاوكسجين خلال حاجز مسامي يساوي 8 mL/s فما سرعة انتشار غاز الهيدروجين خلال نفس الحاجز علماً بان كثافة غاز الاوكسجين تساوي 1.44 g/L وكثافة غاز الهيدروجين تساوي 0.09 g/L خلال نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة .

الحل :

$$\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{\rho_{O_2}}{\rho_{H_2}}}$$

$$\frac{r_{H_2}}{8\ mL/s} = \sqrt{\frac{1.44\ g/L}{0.09\ g/L}}$$

$$\frac{r_{H_2}}{8\ mL/s} = \sqrt{16}$$

سرعة انتشار غاز الهيدروجين $r_{H_2} = 32\ mL/s$

تمرين (2–18)

سرعة انتشار غاز O_2 تساوي 8 mL/s وسرعة انتشار غاز الهيدروجين 32 mL/s. فما الكتلة المولية للهيدروجين اذا علمت ان الكتلة المولية من O_2 تساوي 32 g/mol .

مثال 2 – 21 :

عينة من غاز النتروجين انتشرت خلال ثقب صغير بمعدل انتشار مقداره 2.65 mL/s. احسب معدل سرعة انتشار غاز NH_3 عند خروجه من نفس الثقب. علماً بان الكتلة المولية من N_2 تساوي 28 g/mol و NH_3 يساوي 17 g/mol .

الحل :

$$\frac{r_{N_2}}{r_{NH_3}} = \sqrt{\frac{M_{NH_3}}{M_{N_2}}}$$

$$\frac{2.65\ mL/s}{r_{NH_3}} = \sqrt{\frac{17\ g/mol}{28\ g/mol}}$$

بالتربيع للطرفين نحصل على

$$\frac{7.0225}{r^2_{NH_3}} = \frac{17}{28}$$

$r^2_{NH3} = 11.56\ (ml/s)^2$

بالجذر للطرفين

سرعة انتشار غاز الامونيا $r_{NH3} = 3.40\ ml/s$

2 -10- 1 العلاقة بين الانتشار وزمن الانتشار

عندما ينتشر حجم معين من غاز فانه يستغرق زمنا معينا وان سرعة انتشار اي غاز في درجة حرارة وضغط معينين يتناسب عكسيا مع الزمن الذي تستغرقه عملية الانتشار لذلك الغاز اي كلما زادت السرعة قل الزمن اللازم للانتشار .

اي

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1}$$

حيث ان t_1 و t_2 هي أزمان الانتشار للغاز الاول والثاني على التوالي. ويمكن جمع قوانين كراهام بقانون واحد على الصورة الاتية :

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

مثال 2 – 22 :

تنتشر عينة من غاز الهيدروجين خلال ثقب في 5 s وينتشر غاز معين آخر خلال نفس الثقب تحت نفس الظروف في 20 s احسب الكتلة المولية للغاز الثاني اذا علمت ان الكتلة المولية لغاز الهيدروجين تساوي 2 g/mole .

الحـــل :

بما ان

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1}$$

وعليه

$$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

$$\frac{20\ s}{5\ s} = \sqrt{\frac{M_2}{2\ g/mol}}$$

$$4 = \sqrt{\frac{M_2}{2\ g/mol}}$$

وبالتربيع للطرفين نحصل على

$$16 = \frac{M_2}{2\ g/mol}$$

$$M_2 = 32\ g/mol$$

تمرين (2–19)

عينة من غاز الزينون يحتاج الى دقيقة و 8.3 ثانية لكي ينتشر من خلال فوهة صغيرة. احسب الكتلة المولية لغاز اذا علمت ان الزمن الذي استغرقه في الانتشار من نفس الفوهة وتحت نفس الظروف كان 57 s علما بان الكتلة المولية من غاز الزينون Xe تساوي 131.3 g/mol.

تمرين (2–20)

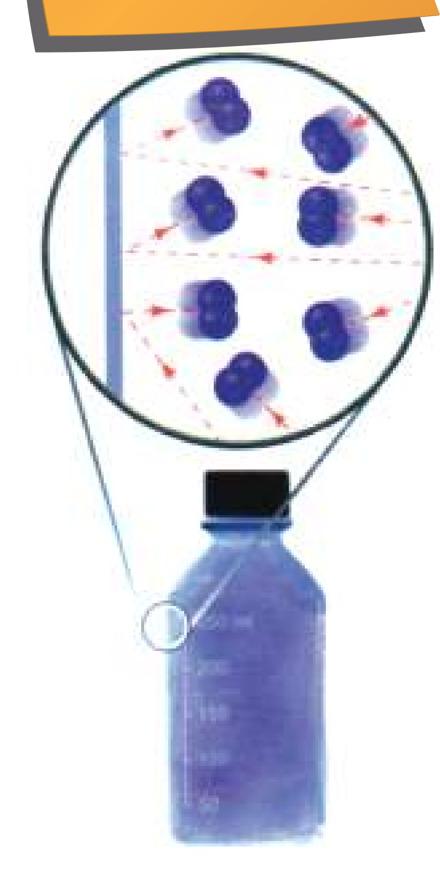
علل انتشار جزيئات الامونيا بسرعة اكبر من جزيئات الروائح والعطور .

2 – 11 النظرية الحركية للغازات Kinetic Theory of Gases

هل تعلم

ان جزيئات الغاز تتحرك في خطوط مستقيمة الى ان تتصادم مع بعضها او تصطدم بجدران الاناء .

ان قوانين الغازات التي شرحت سابقا كانت نتيجة اعمال تجريبية قام بها العلماء آنذاك، أي أنها لم تشتق أو توضح من خلال نظرية معينة. وقد جرت محاولات عديدة لتفسير وشرح سلوك الغازات من الناحية النظرية أنتجت علاقة بين النظرية والمعلومات التجريبية من خلال عدد من الفرضيات التي وصفت الغازات ومنها :



1 – أن الغازات تتكون من عدد كبير من الجزيئات، وان حجم الجزيئة صغير يمكن اهماله مقارنة بالحجم الذي يشغله الغاز. اي ان المسافة التي تفصل بين الجزيئات كبيرة نسبيا .

2 – جزيئات الغاز في حالة حركة سريعة وعشوائية وبخطوط مستقيمة، وهي في حركتها هذه تصطدم مع بقية جزيئات الغاز وبجدران الوعاء الحاوي لها.

3 – لا يوجد تجاذب أو تنافر بين جزيئات الغاز .

4 – ان الضغط الذي ينتجه الغاز ناتج من التصادمات التي تحدثها جزيئاته مع جدران الوعاء الذي يحتويها.

5 – ان لجزيئات الغاز سرع مختلفة، وان معدل سرعة حركة الجزيئات يتناسب طرديا مع درجة الحرارة المطلقة للغاز .

2 – 12 الغازات الحقيقية والغازات المثالية Real and Ideal Gases

يطلق على الغاز الذي يطيع قوانين الغازات او المعادلة العامة للغازات تحت كل الظروف من درجة الحرارة والضغط بالغاز المثالي وفي الحقيقة لا وجود للغاز المثالي، حيث ان الغازات تعاني في سلوكها من حيود محسوس عن الحالة المثالية، وان الحالة المثالية تظهر فقط في ظروف معينة من درجات الحرارة والضغوط (**ان الغازات التي تحيد عن السلوك المثالي تسمى بالغازات الحقيقية او غير المثالية**) .

هل تعلم

ان متوسط عدد الاصطدامات بين جزيئات الهواء في ثانية واحدة قرب مستوى سطح البحر يبلغ 7 مليارات اصطدام في المتر المربع وان متوسط عدد الاصطدامات هذه يصبح على ارتفاع 600 Km من سطح البحر حوالي تصادم واحد كل دقيقة.

ان حيود الغازات الحقيقية ياتي من افتراضين خاطئين من فرضيات النظرية الحركية للغازات (وهذا لربما يكون صحيحاً عند الضغوط الواطئة) وهما :

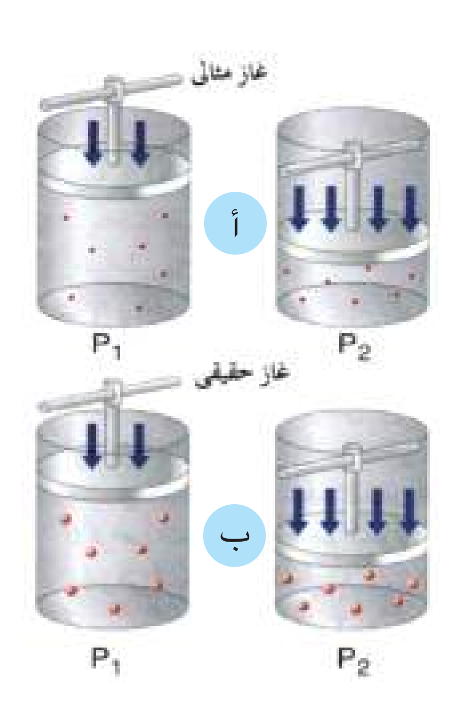
1 – ان الحجم الذي يشغله الجزيء معدوم مقارنة بالحجم الكلي للغاز، لكن جزيئات الغاز يجب ان تشغل حجم معين في الضغوط العالية والا فانه لا يمكن تحويل الغاز الى سائل او صلب .

2 – لا وجود لقوى التجاذب بين جزيئات الغاز، لكن لجزيئات الغاز فيما بينها قوى تجاذب والا لما اقتربت جزيئات الغاز من بعضها ولم يتحول الغاز الى سائل أو صلب.

ومع هذا فانه بالامكان تطبيق قوانين الغازات المثالية على الغازات الحقيقية للحصول على نسب متفاوتة من الدقة تزداد بزيادة درجة الحرارة وتناقص الضغط وبالعكس .

تمرين (2–21)

فسر معنى الجملة الاتية (لا يسلك اي غاز السلوك المثالي عند جميع درجات الحرارة والضغوط) عند اي ظروف تسلك الغازات الحقيقة سلوك الغازات المثالية ولماذا ؟



أ – غاز مثالي (يفترض ان الجزيئات متناهية الابعاد اي ليس لها حجم) .

ب – غاز حقيقي (الجزيئات للغاز لها حجم) .

2 – 13 الظواهر الحرجة وتسييل الغازات

طبقا للنظرية الحركية للغازت فان جزيئات الغاز تكون بحالة حركة عشوائية، وعندما تكون درجة الحرارة عالية والضغط منخفض فان كل جزيء من الغاز تتحرك بحرية تامة ولا تتأثر بالجزيئات الاخرى. وعند خفض درجة الحرارة، فان الطاقة الحركية لجزيئات الغاز تقل وتصبح حركة الجزيء بطيئة، وعند الوصول الى درجة منخفضة كافية فان الغاز يتحول الى سائل. وبالمقابل فمن الممكن جعل جزيئات الغاز تقترب من بعضها اكثر فاكثر من خلال زيادة الضغط، حيث ان زيادة الضغط تؤدي الى نقصان الحجم. وباستمرار زيادة الضغط وتناقص الحجم يتحول الغاز الى سائل.

ان درجة الحرارة والضغط الذين يتحول فيهما الغاز الى سائل في اعلاه يدعيان بدرجة الحرارة الحرجة (Critical Tempreture) والضغط الحرج (Critical Pressure) وعليه يمكن تعريف درجة الحرارة الحرجة على انها تلك الدرجة الحرارية التي لا يمكن تحويل غاز درجة حرارته اعلى منها الى سائل مهما ازداد الضغط المسلط عليه. اما الضغط الحرج فيمكن تعريفه بانه الضغط اللازم تسليطه على غاز في درجة الحرارة الحرجة لكي يتحول الى سائل بالاضافة الى ذلك، يوجد تعبير اخر يسمى الحجم الحرج Critical Volume والذي يعرف بانه حجم مول واحد من الغاز في الدرجة الحرارية الحرجة والضغط الحرج .

والجدول (2–2) يعطي امثلة لدرجات الحرارة الحرجة والضغوط الحرجة لعدد من الغازات.

الجدول 2–2 درجات الحرارة والضغوط الحرجة لعدد من الغازات

الغاز	درجة الحرارة الحرجة (°C)	الضغط الحرج (atm)
هيليوم	- 267.9	2.26
هيدروجين	- 239.9	12.8
نتروجين	- 147	33.5
اوكسجين	- 118.4	50.1
ثنائي اوكسيد الكاربون	+31	50.1

2 – 14 ضغط بخار السائل

اذا اردنا ان نختبر سائل في حيز مغلق (شكل 2–4) (بدرجة حرارة ثابتة) ، فاننا سنجد بعض جزيئات السائل تغادر السطح الى الحيز الذي فوقه تلقائيا. وبما ان الحيز مغلق فان جزيئات البخار غير قادرة على الهروب خارج الحيز، لذلك فان هذه الجزيئات تصطدم مع بعضها ومع جدار الحيز، وبالتالي فان بعض هذه الجزيئات سوف تفقد طاقتها الى جزيئة اخرى ثم ترجع الى الحالة السائلة . ان الحالة الاولى تدعى بالتبخير (Evaporation) بينما تدعى الحالة الثانية بالتكثيف (Condensation). تنتج جزيئات في الحالة البخارية ضغطاً، وعند التوازن يصبح هذا الضغط صفة مميزة للسائل يسمى الضغط البخاري (Vapour Pressure) للسائل، والذي يمكن تعريفه بانه الضغط الذي تنتجه جزيئات البخار التي هي في حالة توازن مع جزيئات السائل بدرجة حرارة معينة .



هل تعلم

الكريوستات : – هي اوعية لحفظ الغازات المسالة ونقلها ويمنع تصميمها انتقال الحرارة من الوسط المحيط الى السائل البارد جدا الذي في داخله والكريوستات الاكثر استخداما تسمى قارورات ديوار Dewar Flasks نسبة للعالم الاسكتلندي جيمس ديوار الذي قام بتصميمها في عام 1892 وهي اوعية مزدوجة الجدران يفصلها فراغ وتشبه في ذلك الترمس المعروف الذي يستخدم لنقل المشروبات الباردة والساخنة. الكريوستات اوزانها خفيفة جدا بالمقارنة باسطوانات الغاز المضغوط وحجم اي مادة معينة في الحالة السائلة اصغر بكثير منها في الحالة الغازية حتى لو كان ضغط الغاز مرتفعا لهذه الاسباب يتم تخزين الكثير من الغازات ونقلها في الحالة السائلة بدلا من كونها في الحالة الغازية.



الشكل 2–4

في الاناء المفتوح تغادر جزيئات السائل الاناء عند التسخين (تبخير) .

بينما تبقى جزيئات السائل في الاناء المغلق داخل الاناء عند التسخين (تكثيف).

2 - 15 درجة غليان السائل

تؤدي زيادة درجة الحرارة الى زيادة في الطاقة الحركية لجزيئات السائل، وهذه الزيادة تقلل قوة التجاذب بين هذه الجزيئات فيزداد عدد الجزيئات التي تغادر سطح السائل الى الحيز الذي فوقه مما يؤدي الى زيادة الضغط البخاري للسائل.

وعندما يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي فان السائل يبدأ بالغليان وعليه فان درجة غليان السائل هي الدرجة الحرارية التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الجوي .

هل تعلم

الصفر المطلق (Absolute Zero) 0 K هي درجة الحرارة التي تساوي −273°C وهذه الدرجة يفترض ان يكون عندها حجم الغاز يساوي صفر (على الاقل من الناحية النظرية) ولكن هذا لا يدرك في الواقع العملي حيث ان الغازات تتم اسالتها قبل ذلك او تتحول احيانا الى الحالة الصلبة كما في غاز ثنائي اوكسيد الكاربون. وعمليا لم يتم التوصل الى درجة الصفر المطلق واقل درجة حرارة توصل اليها العلماء هي درجة حرارة الهيليوم السائل وتبلغ −269°C .

اسئلة الفصل الثاني

ملاحظة: عند الحاجة للكتل الذرية في بعض الاسئلة راجع ذلك في جداول نهاية الكتاب

1.2 اسطوانة محرك سيارة (حجرة الاحتراق) ذات حجم مقداره 0.5 L مليئة بمزيج بخار البنزين والهواء تحت ضغط 1 atm. ما هو الضغط الواجب تسليطه على هذا المزيج ليصبح حجمه 57 mL قبل اشعاله بواسطة شمعة القدح؟ (اعتبر مزيج بخار البنزين والهواء عبارة عن غاز واحد).

2.2 بالون مليء بالهيليوم حجمه 50 L عند درجة حرارة 25°C وتحت ضغط 1.08 atm ما حجم البالون بعد ارتفاعه الى مستوى يصبح فيه الضغط 0.885 atm ودرجة الحرارة 10°C .

3.2 عينة من غاز سداسي فلوريد الكبريت SF_6 تشغل حجما قدره 200 mL بدرجة حرارة 27°C وضغط 570 atm . احسب حجمها في الظروف القياسية (STP) .

4.2 ما هو الحجم التي تشغله 5 g من غاز الاستيلين C_2H_2 (احد مكونات الشعلة الاوكسي استيلينية) بدرجة 50°C وتحت ضغط 740 Torr ؟

5.2 تشغل 3.7 g من غاز معين بدرجة 25°C نفس الحجم الذي يشغله 0.184 g من غاز الهيدروجين بدرجة 17°C وتحت نفس الضغط. احسب الكتلة المولية للغاز ؟

6.2 في احدى التجارب لتحضير غاز الهيدروجين من تفاعل عنصر المغنيسيوم مع حامض الهيدروكلوريك تم جمع 45 mL من غاز H_2 فوق سطح الماء بدرجة حرارة 25°C وتحت ضغط 754 Torr. اذا كان الضغط البخاري للماء (الضغط الجزئي لبخار الماء في الهواء مشبع ببخار الماء) بدرجة 25°C هو 23.8 Torr احسب عدد مولات غاز H_2 التي تم جمعها في هذه التجربة .

7.2 خليط من الغازات يحتوي على 78% مول نتروجين و22% مول اوكسجين. فاذا علمت ان الضغط الكلي للخليط 1.12 atm. احسب الكسر المولي لكل مكون . وماهو الضغط الجزئي لكل مكون من مكونات الخليط .

8.2 لجزيئات الفلور معدل سرعة مقدارها 0.038 m/s تحت شروط معينة من درجة حرارة وضغط. ما معدل سرعة جزيئات غاز ثنائي اوكسيد الكبريت SO_2 تحت الشروط نفسها .

9.2 اختر الجواب المناسب :

1 – نموذج من غاز نقي ذو كثافة 1.6 g/L بدرجة 26°C وضغط 680.2 mmHg . اي من الغازات الاتية هو النموذج؟

أ – CH_4 ب – C_2H_6 جـ – CO_2 د– SF_6

2 – الحجم المولي لغاز He هو 51.4 L/mol عند :

أ – درجة حرارة 25°C وضغط 0.25 atm
ب – درجة حرارة 0°C وضغط 0.50 atm
جـ – درجة حرارة 300°C وضغط 1.00 atm
د – درجة حرارة 40°C وضغط 0.50 atm

3 – تحت نفس درجة الحرارة، تكون سرعة انتشار غاز O_2 مساوية لـ :
أ – 4 أمثال سرعة غاز He
ب– 2.08 أمثال سرعة غاز He
جـ– 0.35 أمثال سرعة غاز He
د – 0.125 أمثال سرعة غاز He

4 – ان عدد مولات غاز He التي تشغل 22.4 L عند درجة حرارة 30°C وضغط 1 atm هي :
أ – 0.11 mol
ب – 1.00 mol
جـ – 0.90 mol
د – 1.11 mol

5 – يشغل غاز حجما مقداره 430 mL بدرجة حرارة 28.2°C وتحت ضغط 754.2 Torr فاذا برد الغاز الى 20°C ، فان ضغط الغاز مقاسا بالـ Torr هو :
أ – 534.9 Torr
ب – 733.7 Torr
جـ – 775.3 Torr
د – 842.3 Torr

6 – يمكن تطبيق قانون شارل عند :
أ – تغير الضغط
ب – ثبوت درجة الحرارة
جـ – مدى معين من درجات الحرارة
د – الضغوط المنخفضة جدا

7 – اناء يحتوي على ثلاث غازات لا يحصل بينهما تفاعل حجمه 1 L ، لذا فان ضغط الغاز الاول يساوي:
أ – ثلث الضغط الكلي
ب – الضغط الكلي مطروحا منه الضغوط الجزيئية للغازات الاخرى
جـ – عدد جزيئاته
د – الضغط الجوي دائما

8 – اذا علمت ان حجم كتلة معينة من غاز يساوي $117\ cm^3$ عند درجة 39°C فان حجم الغاز يساوي $213\ cm^3$ عند درجة حرارة :
أ – 39°C
ب – 78°C
جـ – 395°C
د – 295°C

9 – غاز معين يشغل حجما قدره 20 L عند 760 mmHg وعند ضغط 38 mmHg فانه يشغل حجما قدره:
أ – 10 L
ب – 20 L
جـ – 40 L
د – 400 L

10 – في واحدة من الظروف الاتية يكون لكتلة 2 g من غاز الهيدروجين حجما اكبر:
أ – 0°C وضغط 1 atm
ب – 273°C وضغط 380 mmHg
جـ – 273°C وضغط 120 mmHg
د – 17°C وضغط 700 mmHg

11 – ينتشر غاز (X) بسرعة تعادل 3.1 بقدر سرعة انتشار غاز الفلور كتلته المولية تساوي 19 g/mole ، لذا فان الكتلة المولية التقريبية لغاز (X) هو :

أ – 4 g/mol
ب – 2 g/mol
جـ – 6 g/mol
د – 10 g/mol

10.2 ما كتلة غاز Cl_2 بالغرامات موجود في خزان حجمه 10 L عند درجة حرارة 27°C وتحت ضغط 3.05 atm علما بان الكتلة الذرية له تساوي 35.5 g/mol .

11.2 ما الكتلة المولية لعينة غاز كتلتها 1.25 g وحجمها 1 L تحت ضغط 0.961 atm وعند درجة حرارة 27°C .

12.2 بالون ارصاد جوي يحتوي على 250 L غاز الهيليوم عند 22°C وتحت ضغط 740 mmHg. يتغير حجم هذا البالون تبعا للظروف الجوية وينفجر عندما يصل حجمه 400 L وضغط 0.475 atm ، فعند اي درجة سيليزية سينفجر.

13.2 فسر الاجابة

1 – اذا قمت برحلة بدراجتك في احد ايام الصيف شديد الحرارة . هل تتوقع ان يرتفع الضغط داخل اطار دراجتك في بداية الرحلة ام نهايتها .

2 – اذا سمحت بتسريب بعض الهواء من الاطار المنفوخ تماما في دراجتك بعد استعمالها فهل هذا الهواء سيكون باردا ام دافئا .

3 – لو سلكت الغازات جميعا في مختلف الشروط من درجة الحرارة والضغط سلوكا وكأنها مثالية عندها لن تكون هناك حالات سائلة ام صلبة للمادة.

4 – في درجة حرارة واحدة فان معدل انتشار احادي اوكسيد الكاربون وغاز النتروجين متماثل عمليا

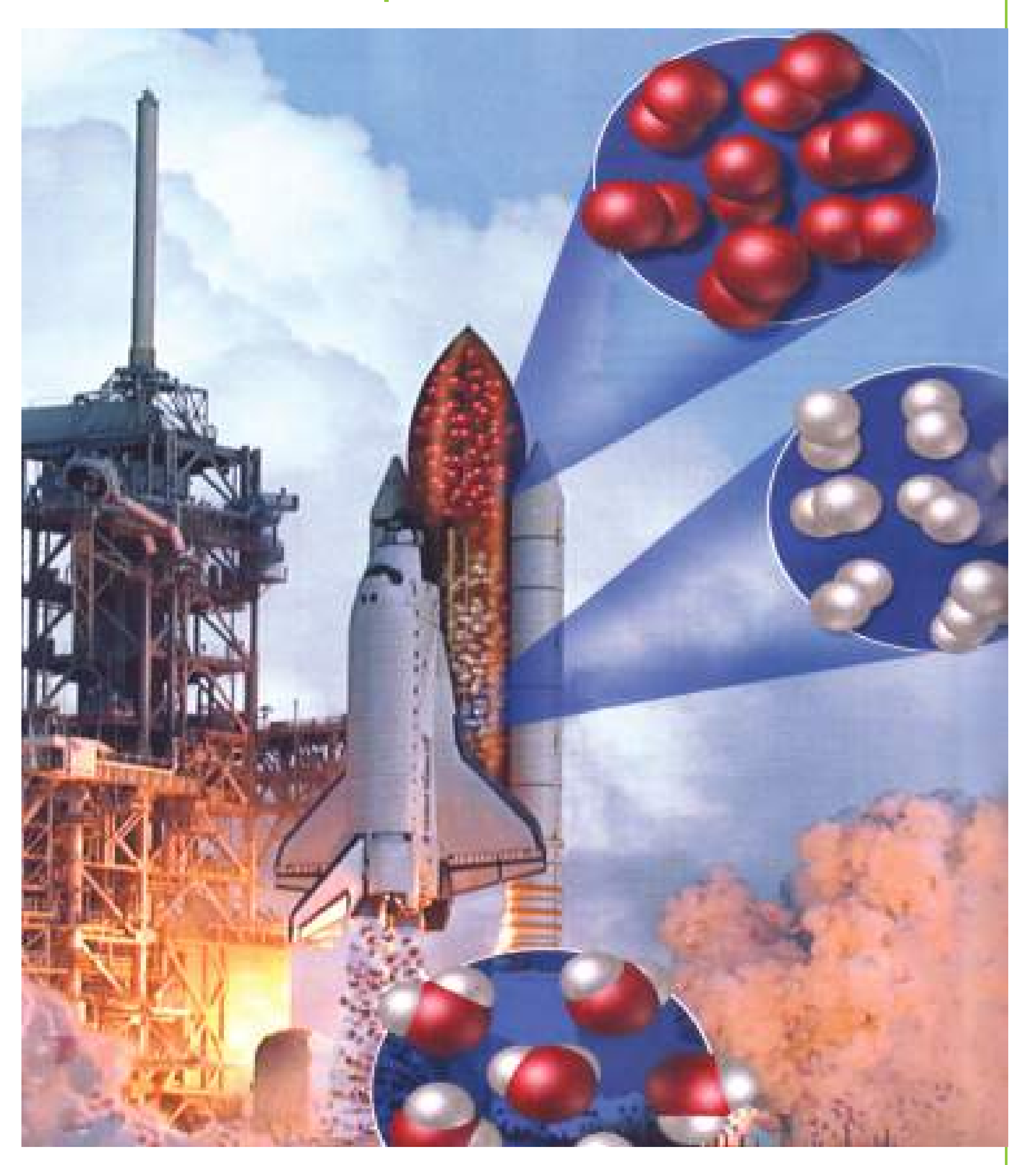
14.2 تحتوي علبة ملطف جو على غازات تحت ضغط 4.5 atm وعند درجة حرارة 20°C فاذا تركت هذه العلبة في جو حار وعلى الرمل يرتفع ضغط الغازات داخل العلبة الى 4.8 atm ما درجة حرارة الرمل (بالدرجة السيليزية).

15.2 عينة من غاز الاوكسجين تحت ضغط 0.97 atm سخنت من 21°C الى 68°C تحت حجم ثابت احسب الضغط النهائي بوحدات atm.

16.2 احسب الحجم الابتدائي لغاز تحت ضغط 0.85 atm ودرجة حرارة 66°C حيث يتمدد بالنهاية الى 94 mL عندما يكون الضغط المسلط عليه 0.6 atm ودرجة الحرارة 25°C .

17.2 خليط من ثلاث غازات، CO_2 بضغط جزئي 289 mmHg و O_2 بضغط جزئي 342 mmHg و N_2 بضغط جزئي 122 mmHg. ماهو الضغط الكلي للخليط والكسر المولي لكل غاز في الخليط.

المعادلات والحسابات الكيميائية
Chemical Equations and Calculations



بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على ان : -

- يتوصل الى مفهوم المعادلة الكيميائية.
- يكتب المعادلة الكيميائية ويضيف الرموز التي تدل على طبيعة المواد وظروف التفاعل .
- يعرف المعلومات التي تعطيها المعادلة الكيميائية المتوازنة.
- يحسب عدد المولات من معادلة التفاعل.
- يحسب كتل المواد من معادلة التفاعل.
- يحسب حجوم الغازات من معادلة التفاعل.
- يعين المادة المتفاعلة المحددة للناتج ، والمادة التي تكون بكمية كبيرة.
- يحسب النسبة المئوية للناتج.

3 - 1 مقدمة

ان للحسابات الكيميائية اهمية بالغة في حياتنا ، حيث تحدد نسب المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعل الكيميائي . ان معرفتنا للنسبة التي تتفاعل فيها المواد المختلفة تمكننا من حساب كمية المواد الناتجة، او مقدار مايلزم من احدى المواد المتفاعلة لتتفاعل مع كمية معينة من مادة اخرى.

يعتمد الكيميائيون في حساب كميات المواد المتفاعلة والناتجة على المعادلة الكيميائية الموزونة . وسنتطرق في هذا الفصل الى كيفية الاستفادة من المعادلة الكيميائية الموزونة في اجراء الحسابات الكيميائية لمعرفة النسب الكمية الصحيحة للمواد المتفاعلة بالاضافة الى حساب كميات المواد الناتجة من التفاعل .

3 - 2 المعادلة الكيميائية ومدلولها

المعادلة الكيميائية : هي طريق مختصر للتعبير عن تفاعل كيميائي بدلالة الرموز والصيغ الكيميائية. ويبين الجدول (3 - 1) الرموز المستخدمة في كتابة المعادلة الكيميائية والتي بواسطتها يمكن الحصول على معلومات اضافية تساعدنا في اجراء الحسابات الكيميائية.

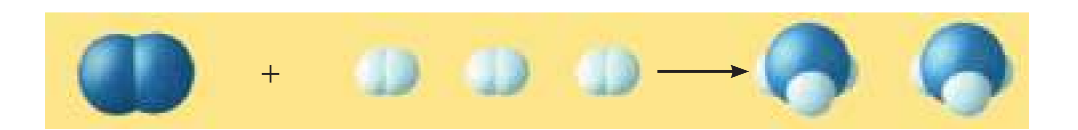
الجدول 3–1 الرموز المستخدمة في كتابة المعادلة الكيميائية

الرمز	استخدامه
$\longrightarrow$	للفصل بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة للتفاعل
(s)	للدلالة على المادة الصلبة، وهو مختصر لكلمة Solid
(l)	للدلالة على المادة السائلة، وهو مختصر لكلمة Liquid
(g)	للدلالة على المادة الغازية، وهو مختصر لكلمة Gas
(aq)	للدلالة على المحلول المائي، وهو مختصر لكلمة aqueous
$\xrightarrow{\text{حرارة}}$ او $\xrightarrow{\Delta}$	للدلالة على تسخين المواد المتفاعلة.
$\xrightarrow{Pt}$	للدلالة على استخدام عامل مساعد (البلاتين)، ويمكن كتابة العامل المساعد تحت السهم ايضاً.

3 – 3 المعلومات التي تعطيها المعادلة الكيميائية المتوازنة

يمكن الحصول على معلومات عديدة من معادلة التفاعل الموزونة ، كما في تفاعل تحضير غاز الامونيا حسب المعادلة الاتية :

$$N_{2\,(g)} + 3H_{2\,(g)} \longrightarrow 2NH_{3\,(g)}$$



والتي نحصل منها على المعلومات المدرجة في الجدول (3 – 2) :

الجدول 3–2 المعلومات التي نحصل عليها من المعادلة

	غاز الامونيا $2NH_{3\,(g)}$	غاز الهيدروجين $3H_{2\,(g)}$	غاز النتروجين $N_{2\,(g)}$
1 – معرفة طبيعة المواد المتفاعلة والناتجة	غاز الامونيا $2NH_{3\,(g)}$	غاز الهيدروجين $3H_{2\,(g)}$	غاز النتروجين $N_{2\,(g)}$
2 – معرفة العدد النسبي للجزيئات	2 جزيء	3 جزيء	1 جزيء
3 – معرفة العدد النسبي للمولات	2 مول	3 مول	1 مول
4 – معرفة النسبة بين كتل المواد	34 g	6 g	28 g
5 – معرفة النسبة بين حجوم الغازات اذا كانت جميعها مقاسة تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة	2 حجم	3 حجم	1 حجم
معرفة النسبة بين حجوم الغازات اذا كانت مقاسة تحت الظروف القياسية (STP)	44.8 L	67.2 L	22.4 L

توضيح النقاط في الجدول (3 – 2) :

1 – معرفة طبيعة المواد المتفاعلة والناتجة

يدل الرمز (g) على ان المادة بشكل غاز ، اي ان المعادلة تعبر عن تفاعل غاز النتروجين مع غاز الهيدروجين لتكوين غاز الامونيا.

2 – معرفة العدد النسبي للجزيئات

ان الصيغة الجزيئية تعبر عن جزيء واحد من المادة، اي ان التفاعل بين جزيء واحد من النتروجين N_2 مع ثلاث جزيئات من الهيدروجين $3H_2$ لتكوين جزيئين من الامونيا $2NH_3$.

ان النسبة بين عدد جزيئات N_2 الى H_2 هي 1: 3

وان النسبة بين عدد جزيئات N_2 الى NH_3 هي 1: 2

وان النسبة بين عدد جزيئات H_2 الى NH_3 هي 3: 2

وهكذا بقية النسب .

3 – معرفة العدد النسبي للمولات

يمكن استخدام (المول) بدل (جزيء) للتعبير عن المادة، فتكون

النسبة بين عدد مولات N_2 الى H_2 هي 1 : 3 أو $= \frac{1 \text{ mol } N_2}{3 \text{ mol } H_2}$.

والنسبة بين عدد مولات NH_3 الى N_2 = $\frac{2 \text{ mol } NH_3}{1 \text{ mol } N_2}$.

والنسبة بين عدد مولات H_2 الى NH_3 = $\frac{3 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } NH_3}$.

وهكذا بقية النسب .

mol N_2 ⟷ mol H_2

mol NH_3 ⟵ mol N_2

mol H_2 ⟶ mol NH_3

ان استبدال الجزيء بالمول يمكن توضيحه كما يأتي :

نلاحظ في التفاعل ان جزيء واحد من N_2 يتفاعل مع ثلاث جزيئات من H_2 لتكوين جزيئين من NH_3، واذا ضربنا طرفي المعادلة بعدد افوكادور فنحصل على :

تفاعل عدد افوكادرو من جزيئات N_2 مع 3 × عدد افوكادور من جزيئات H_2 لتكوين 2 × عدد افوكادور من جزيئات NH_3،

ولما كان عدد افوكادرو من جزيئات اية مادة يمثل مول واحد من تلك المادة لذلك يمكن القول بان :

مول واحد من N_2 يتفاعل مع ثلاثة مولات من H_2 لتكوين مولين من NH_3 .

4 – معرفة النسبة بين كتل المواد

تحسب كتلة المادة في معادلة التفاعل من معرفة عدد المولات والكتلة المولية وبتطبيق القانون الآتي :

$$m\,(g) = n\,(mol) \times M\,(g/mol)$$

حيث: $m\,(g)$ = الكتلة بالغرام

$n\,(mol)$ = عدد المولات

$M\,(g/mol)$ = الكتلة المولية

حساب كتلة N_2 في معادلة التفاعل: نحسب اولاً الكتلة المولية لـ N_2 من جدول الكتل الذرية *

$$M\,(N_2) = 2 \times 14 = 28\ g/mol$$

ثم نحسب كتلة N_2 في معادلة التفاعل بتطبيق القانون:

$$m\,(g) = n\,(mol) \times M\,(g/mol)$$

$$m\,(g) = 1\cancel{mol} \times 28 \frac{g}{\cancel{mol}} = 28\ g\ N_2$$

تمرين (3–1)

احسب الكتلة بالغرام لكل مما ياتي:

أ – $1.75\ mol$ من الماء .

ب – $14.8\ mol$ من حامض الكبريتيك.

ولحساب كتلة H_2 في معادلة التفاعل نتبع نفس طريقة حساب كتلة N_2، نحسب اولاً الكتلة المولية لـ H_2 من جدول الكتل الذرية

$$M\,(H_2) = 2 \times 1 = 2\ g\,/\,mol$$

ثم نحسب كتلة H_2 في معادلة التفاعل

$$m\,(g) = 3\ \cancel{mol} \times 2 \frac{g}{\cancel{mol}} = 6\ g\ H_2$$

وبنفس الطريقة نحسب كتلة NH_3، حيث نحسب اولاً الكتلة المولية لـ NH_3

$$M\,(NH_3) = (1 \times 14) + (3 \times 1) = 17\ g\,/\,mol$$

ثم نحسب كتلة NH_3 من معادلة التفاعل

$$m\,(g) = 2\ \cancel{mol} \times 17 \frac{g}{\cancel{mol}} = 34\ g\ NH_3$$

---

* عزيزي الطالب يمكنك الحصول على قيم الكتل الذرية للعناصر من الجدول (3) في نهاية الكتاب عند حلك للامثلة والتمارين والاسئلة .

النسبة بين كتلة NH_3 الى N_2 = $\frac{34\ g\ NH_3}{28\ g\ N_2}$ وهكذا بقية النسب.

مجموع كتل المواد المتفاعلة : $28\ g\ N_2 + 6\ g\ H_2 = 34\ g$

كتلة الموادالناتجة : $34\ g\ NH_3$

∴ مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة وهذا يتفق مع قانون حفظ الكتلة

5 – معرفة النسبة بين حجوم الغازات

يمكن التعبير عن حجم الغاز بأية وحدة للحجم مثل لتر(L) او مللتر (mL) ، أو سنتمتر مكعب (cm^3) ،

النسبة بين حجم H_2 الى N_2 = $\frac{3L\ H_2}{1L\ N_2}$ وهكذا بقية النسب .

تمرين (2–3)

احسب حجم ثلاث مولات من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون و2.75 mol من غاز كبريتيد الهيدروجين بوحدة اللتر تحت الظروف القياسية (STP).

وكما مر علينا سابقاً في الفصل الاول والثاني ان مول واحد من اي غاز يحتل حجما مقداره 22.4 L (22400 mL) تحت الظروف القياسية وعليه يحسب حجم الغاز مقاس تحت الظروف القياسية (STP) بتطبيق القانون الآتي :

$$V(L) = n\ (mol) \times 22.4\ (\frac{L}{mol})$$

نحسب حجم N_2:

$$V_{N_2} = 1\ (\cancel{mol}) \times 22.4\ (\frac{L}{\cancel{mol}}) = 22.4\ L$$

نحسب حجم H_2:

$$V_{H_2} = 3\ (\cancel{mol}) \times 22.4\ (\frac{L}{\cancel{mol}}) = 67.2\ L$$

نحسب حجم NH_3:

$$V_{NH_3} = 2\ (\cancel{mol}) \times 22.4\ (\frac{L}{\cancel{mol}}) = 44.8\ L$$

مجموع حجوم الغازات المتفاعلة :

$22.4\ L\ N_2 + 67.2\ L\ H_2 = 89.6\ L$

حجم الغاز الناتج $44.8\ L\ NH_3$

لا يشترط ان تتساوى حجوم الغازات المتفاعلة مع حجوم الغازات الناتجة وذلك بسبب اختلاف كثافات الغازات .

3 - 4 الحسابات باستخدام المعادلات الكيميائية

3 - 4 - 1 حساب عدد المولات :

يمكن حساب عدد المولات المجهولة لاية مادة متفاعلة او ناتجة في معادلة التفاعل من عدد مولات مادة اخرى معلومة في المعادلة الكيميائية الموزونة ، ومن نسبة عدد المولات للمادتين من معادلة التفاعل الموزونة والتي تساوي :

$$\frac{\text{عدد مولات المادة المجهولة}}{\text{عدد مولات المادة المعلومة}}$$



تفاعل تقطير الماء على الصوديوم، تفاعل شديد يؤدي الى تحرر غاز الهيدروجين واشتعاله مباشرة .

مثال 3 – 1 :

للتفاعل الآتي :

$$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

احسب : أ : عدد مولات H_2 الناتجة من تفاعل 0.145 mol من Na

ب : عدد مولات H_2O اللازمة لتكوين 0.75 mol من NaOH

الحـــــل :

المعلوم : 0.145 mol Na و 0.75 mol NaOH

المجهول : $mol\ H_2$ و $mol\ H_2O$

أ – معامل التحويل :

$$mol\ Na \longrightarrow mol\ H_2$$

$$\frac{1\ mol\ H_2}{2\ mol\ Na}$$

عدد مولات H_2 الناتجة من تفاعل 0.145 mol من Na تساوي

$$= 0.145\ mol\ Na \times \frac{1\ mol\ H_2}{2\ mol\ Na} = 0.072\ mol\ H_2$$

ب – معامل التحويل :

$$mol\ H_2O \longrightarrow mol\ NaOH$$

$$\frac{2\ mol\ H_2O}{2\ mol\ NaOH}$$

عدد مولات H_2O اللازمة لتكوين 0.75mol من NaOH تساوي

$$= 0.75\ mol\ NaOH \times \frac{2\ mol\ H_2O}{2\ mol\ NaOH} = 0.75\ mol\ H_2O$$

مثال 3 – 2 :

يتكون كلوريد الصوديوم بواسطة التفاعل التالي الحاصل بين الصوديوم والكلور :

$$2Na_{(s)} + Cl_{2\,(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(s)}$$

ما عدد مولات NaCl الناتجة من تفاعل 3.4 mol من الكلور تفاعلاً تاماً مع الصوديوم .

الحـــــل :

المعلوم : $3.4\ mol\ Cl_2$

المجهول : mol NaCl

معامل التحويل :

$mol\ Cl_2 \longrightarrow mol\ NaCl$

$$\frac{2\ mol\ NaCl}{1\ mol\ Cl_2}$$

عدد مولات NaCl تساوي

$$= 3.4\ mol\ Cl_2 \times \frac{2\ mol\ NaCl}{1\ mol\ Cl_2} = 6.8\ mol\ NaCl$$

مثال 3 – 3 :

كم عدد مولات اوكسيد الصوديوم التي يمكن تحضيرها من تفاعل 4.8 mol من الصوديوم حسب المعادلة الموزونة الاتية :

$$4Na_{(s)} + O_{2\,(g)} \longrightarrow 2Na_2O_{(s)}$$

الحـــــل :

المعلوم : $4.8\ mol\ Na$

المجهول : $mol\ Na_2O$

معامل التحويل :

$mol\ Na \longrightarrow mol\ Na_2O$

$$\frac{2\ mol\ Na_2O}{4\ mol\ Na}$$

عدد مولات Na_2O الناتجة من تفاعل 4.8 mol من الصوديوم تساوي

$$= 4.8\ mol\ Na \times \frac{2\ mol\ Na_2O}{4\ mol\ Na} = 2.4\ mol\ Na_2O$$

تمرين (3–3)

التفاعل الآتي:

$$4Al_{(s)} + 3O_{2\,(g)} \longrightarrow 2\,Al_2O_{3\,(s)}$$

يمثل التفاعل تأكسد الالمنيوم في الهواء وتكوين طبقة من اوكسيده والتي تقي الالمنيوم من استمرار التأكسد

أ – اكتب ثلاث علاقات تعبركل واحدة منها عن النسبة بين مولات مادتين في المعادلة.

ب – احسب عدد مولات Al اللازمة لتكوين 3.7mol من Al_2O_3

جـ – احسب عدد مولات O_2 اللازمة للتفاعل مع 14.8mol من Al .

3 - 4 - 2 : حساب كتل المواد

نحتاج الى تطبيق ثلاث خطوات هي:

الخطوة الاولى :

نحسب عدد مولات المادة التي كتلتها معلومة في المعادلة ولنفترض انها المادة A ، وذلك من حساب كتلتها المولية اولاً من جدول الكتل الذرية للعناصر، ثم نطبق القانون الآتي لحساب عدد مولاتها :

$$n\ (mol) = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)}$$

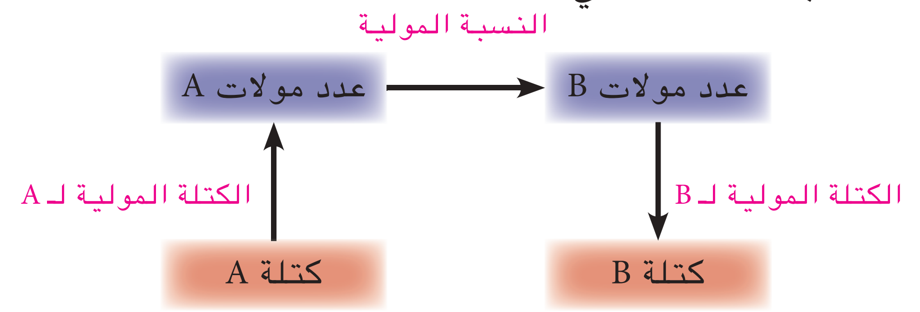
الخطوة الثانية :

نحسب عدد المولات المجهولة للمادة الاخرى ولنفترض انها B من عدد مولات المادة المعلومة A وبتطبيق القانون الاتي:

مولات المادة = المولات المعلومة للمادة × نسبة المولات

او حسب المخطط الاتي :





الخطوة الثالثة :

نحسب الكتلة المجهولة للمادة B وذلك من حساب كتلتها المولية اولاً من جدول الكتل الذرية ومن عدد مولاتها المحسوبة في الخطوة الثانية وبتطبيق القانون الآتي:

$$m\ (g) = n\ (mol) \times M\ (g/mol)$$

ملاحظة :

1 – يمكن الاستغناء عن تطبيق الخطوة الاولى والبدء بتطبيق الخطوة الثانية مباشرة، اذا كان المعلوم في المعادلة عدد مولات المادة بدلاً من كتلتها.

2 – يمكن الاستغناء عن تطبيق الخطوة الثالثة اذا كان المجهول في المعادلة عدد مولات المادة وليس كتلتها.

مثال 3 – 4 :

احسب عدد غرامات CO_2 الناتجة من حرق 500 g من C_8H_{18} حسب المعادلة الاتية :

$$2\,C_8H_{18\,(g)} + 25\,O_{2\,(g)} \xrightarrow{\Delta} 16\,CO_{2\,(g)} + 18\,H_2O_{(g)}$$

الحـــــل :

المعلوم : كتلة C_8H_{18} تساوي 500 g

$$\text{نسبة المولات} = \frac{16\ mol\ CO_2}{2\ mol\ C_8H_{18}}$$

المجهول: عدد غرامات CO_2

الخطوة الاولى : نحسب اولاً الكتلة المولية لـ C_8H_{18} من جدول الكتل الذرية للعناصر.

$$M(C_8H_{18}) = (8 \times 12) + (18 \times 1) = 114\ g/mol$$

ثم نحسب عدد مولات C_8H_{18} بتطبيق القانون الاتي:

$$n\,(mol) = \frac{m\,(g)}{M\,(g/mol)}$$

$$n\,(mol) = \frac{500\ g}{114\ g/mol} = 4.39\ mol\ C_8H_{18}$$

الخطوة الثانية: نحسب عدد مولات CO_2 الناتجة من تفاعل 4.39 mol من C_8H_{18} وبتطبيق القانون :

مولات CO_2 = عدد مولات C_8H_{18} × نسبة عدد المولات للمادتين

$$n\,(mol) = 4.39\ mol\ C_8H_{18} \times \frac{16\ mol\ CO_2}{2\ mol\ C_8H_{18}} = 35.12\ mol\ CO_2$$

الخطوة الثالثة: نحسب اولاً الكتلة المولية لـ CO_2 من جدول الكتل الذرية

$$M(CO_2) = (1 \times 12) + (2 \times 16) = 44\ g/mol$$

ثم نحسب كتلة CO_2 من تطبيق القانون

$$m\,(g) = n\,(mol) \times M\,(g/mol)$$

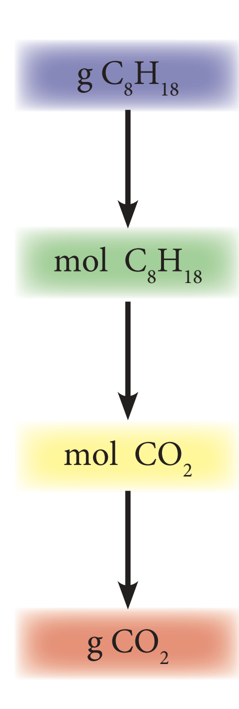
$$m\,(g) = 35.12\ mol\ CO_2 \times 44\,\frac{g}{mol\ CO_2} = 1545\ g\ CO_2$$

تمرين (3–4)

يحترق ثنائي كبريتيد الكاربون في الاوكسجين حسب المعادلة الاتية :

$$CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)}$$

كم مولاً يتكون من كل ناتج عند تفاعل 48.0 g من O_2 ؟



مثال 3 – 5 :

احد مكونات الامطار الحامضية هو حامض النتريك الذي يتكون نتيجة تفاعل NO_2 مع الاوكسجين وماء الامطار وحسب التفاعل الاتي :

$$4NO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 4HNO_{3(aq)}$$

ماهي كمية HNO_3 الناتجة من تفاعل 1500 g من NO_2 مع كمية كافية من الاوكسجين والماء ؟

الحل :

المعلوم : كتلة NO_2 تساوي 1500 g

$$\text{نسبة المولات} = \frac{4\ mol\ HNO_3}{4\ mol\ NO_2}$$

المجهول: كتلة HNO_3

الخطوة الاولى : نحسب اولاً الكتلة المولية لـ NO_2 من جدول الكتل الذرية للعناصر.

$$M(NO_2) = (1 \times 14) + (2 \times 16) = 46\ g/mol$$

ثم نحسب عدد مولات NO_2 بتطبيق القانون الاتي :

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

$$n(mol) = \frac{1500\ g}{46\ g/mol} = 32.6\ mol\ NO_2$$

الخطوة الثانية: نحسب عدد مولات HNO_3 المتفاعلة مع 32.6 mol من NO_2 وبتطبيق القانون :

مولات HNO_3 = عدد مولات NO_2 × نسبة عدد المولات للمادتين

$$n(mol) = 32.6\ mol\ NO_2 \times \frac{4\ mol\ HNO_3}{4\ mol\ NO_2} = 32.6\ mol\ HN0_3$$

الخطوة الثالثة: نحسب كتلة HNO_3 من كتلته المولية (63 g/mol) وعدد مولاته وحسب الاتي :

$$m(g) = 32.6\ mol\ HNO_3 \times 63\ \frac{g}{mol\ HNO_3} = 2054\ g\ HNO_3$$

تمرين (3–5)

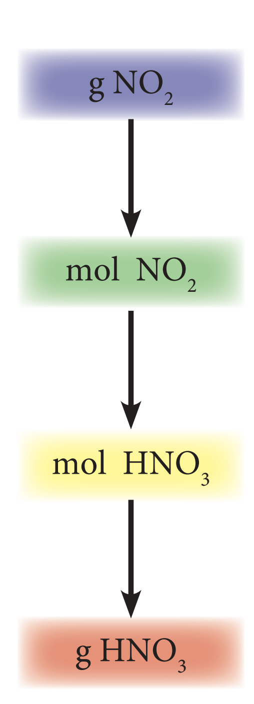
يحضر الفسفور صناعياً من تفاعل فوسفات الكالسيوم وثنائي اوكسيد السليكون والفحم في فرن كهربائي حسب المعادلة الآتية :

$$2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10C \xrightarrow{\Delta} 6CaSiO_3 + 10CO + P_4$$

احسب:

أ: عدد غرامات P_4 الناتجة من تفاعل 1.0 mol من $Ca_3(PO_4)_2$

ب: عدد مولات P_4 الناتجة من تفاعل 62.0 g من $Ca_3(PO_4)_2$



مثال 3 – 6 :

احسب عدد مولات O_2 الناتجة من تسخين 1.65 g من $KClO_3$ حسب المعادلة الآتية :

$$2KClO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$$

الحـــل :

المعلوم : 1 – كتلة $KClO_3$ تساوي 1.65 g

2 – نسبة عدد المولات = $\frac{3 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } KClO_3}$

المجهول: عدد مولات O_2

الخطوة الاولى: نحسب اولاً الكتلة المولية لـ $KClO_3$ من جدول الكتل الذرية

$$M\,(KClO_3) = (1 \times 39) + (1 \times 35.5) + (3 \times 16)$$

$$= 122.5 \text{ g/mol}$$

ثم نحسب عدد مولات $KClO_3$ من تطبيق القانون:

$$n\,(mol) = \frac{m\,(g)}{M\,(g/mol)}$$

$$n\,(mol) = \frac{1.65\,(g)}{122.50\,(g/mol)} = 0.013 \text{ mol } KClO_3$$

الخطوة الثانية : نحسب عدد مولات O_2 من تطبيق القانون :

عدد مولات O_2 = عدد مولات $KClO_3$ × نسبة عدد المولات

$$n\,(mol) = 0.013 \text{ mol } KClO_3 \times \frac{3\text{mol } O_2}{2 \text{ mol } KClO_3} = 0.02 \text{ mol } O_2$$

تمرين (3–6)

يحضر غاز الاستلين C_2H_2 من اضافة الماء الى كاربيد الكالسيوم CaC_2 حسب المعادلة الآتية :

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)}$$

احسب :

أ: عدد غرامات الاستيلين الناتجة من تفاعل 5.2 g من CaC_2

ب: عدد مولات CaC_2 اللازمة للتفاعل مع 46.8 g من H_2O



استعمال غاز الأستيلين لتوليد الشعلة الأوكسي أسيتيلينية المستخدمة في قطع ولحم المعادن .

3 - 4 - 3 المادة المتفاعلة المحددة للناتج

علمنا بان معادلة التفاعل الموزونة تعطينا النسبة بين عدد المولات للمواد الناتجة وعدد المولات للمواد المتفاعلة، كما في التفاعل الاتي :

$$N_2\,(g) + 3H_2\,(g) \longrightarrow 2\,NH_3\,(g)$$



ان التفاعل يحصل بنسبة 11mol من N_2 الى 31mol من H_2 لتكوين 21mol من NH_3 . فعند اجراء التفاعل بخلط 11mol من N_2 مع 31mol من H_2 فان المادتين تتفاعلان بشكل كامل لان نسبة مولاتهما الموضوعة في التفاعل مطابقة الى نسبة مولاتهما في المعادلة الكيميائية الموزونة ، وينتج من التفاعل 21mol من NH_3 .

سحابة من غاز الامونيا المتكثف تحيط بسطح كوب زحل.

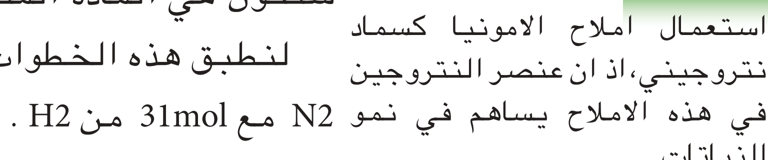
اما اذا اجري التفاعل بوضع كمية كبيرة من N_2، مثلاً 21mol مع 31mol من H_2 ، فان 11mol من N_2 يتفاعل فقط مع 31mol من H_2 وينتج 21mol من NH_3 ، بينما يتبقى 11mol من N_2 غير متفاعل لذلك فان N_2 يكون بكمية كبيرة لانه لا يتفاعل بشكل كامل بينما يدعى H_2 بالمادة المتفاعلة المحددة للناتج لانه يتفاعل بشكل كامل وان عدد مولاته الموضوعة في التفاعل تحدد عدد مولات المادة الناتجة .

يمكن تعيين المادة المتفاعلة المحددة للناتج بالطريقة الاتية :

أ - نحسب نسبة عدد مولات المادة الناتجة الى عدد مولات كل مادة من المواد المتفاعلة المعبر عنها في المعادلة الكيميائية.

ب - نضرب كل نسبة من هذه النسب في عدد مولات كل مادة متفاعلة وحسب المعادلة الكيميائية الموزونة .

جـ - المادة التي تعطي اقل عدد من مولات المادة الناتجة ستكون هي المادة المتفاعلة المحددة للناتج .



استعمال املاح الامونيا كسماد نتروجيني، اذ ان عنصر النتروجين في هذه الاملاح يساهم في نمو النباتات.

لنطبق هذه الخطوات على التفاعل اعلاه عند وضع 21mol من N_2 مع 31mol من H_2 .

أ - نسبة عدد مولات NH_3 الى N_2 حسب معادلة التفاعل :

$$\frac{21mol\ NH_3}{11mol\ N_2}$$

نسبة عدد مولات NH_3 الى H_2 حسب معادلة التفاعل الموزونة:

$$\frac{21mol\ NH_3}{31mol\ H_2}$$

ب – نضرب النسب في عدد المولات الموضوعة من N_2 و H_2 وحسب الاتي :

$$2\ mol\ N_2 \times \frac{2\ mol\ NH_3}{1\ mol\ N_2} = 4\ mol\ NH_3$$

$$3\ mol\ H_2 \times \frac{2\ mol\ NH_3}{3\ mol\ H_2} = 2\ mol\ NH_3$$

جـ – بما ان عدد مولات NH_3 الناتجة من تفاعل H_2 اقل من تلك الناتجة من تفاعل N_2 لذا فالهيدروجين هو المادة المتفاعلة المحددة لناتج الامونيا .

مثال 3 – 7 :

افترض التفاعل الاتي :

$$Ti_{(s)} + 2Cl_{2\,(g)} \longrightarrow TiCl_{4\,(s)}$$

فاذا ماتم مزج 1.8 mol من التيتانيوم Ti و 3.2 mol من الكلور Cl_2 . ماهي المادة المتفاعلة المحددة للناتج ؟

الحـــــل :

المعلوم :

1 – عدد مولات Ti تساوي 1.8 mol

2 – عدد مولات Cl_2 تساوي 3.2 mol

المجهول :

المادة المتفاعلة المحددة للناتج $TiCl_4$

النسبة بين عدد مولات $TiCl_4$ الى Ti في التفاعل $\frac{1\ mol\ TiCl_4}{1\ mol\ Ti}$

النسبة بين عدد مولات $TiCl_4$ الى Cl_2 في التفاعل $\frac{1\ mol\ TiCl_4}{2\ mol\ Cl_2}$

عدد مولات $TiCl_4$ الناتجة من تفاعل Ti

$$1.8\ mol\ Ti \times \frac{1\ mol\ TiCl_4}{1\ mol\ Ti} = 1.8\ mol\ TiCl_4$$

عدد مولات $TiCl_4$ الناتجة من تفاعل Cl_2

$$3.2\ mol\ Cl_2 \times \frac{1\ mol\ TiCl_4}{2\ mol\ Cl_2} = 1.6\ mol\ TiCl_4$$

بما ان عدد مولات $TiCl_4$ الناتجة من تفاعل 3.2 mol من Cl_2 اقل من تلك الناتجة من تفاعل 1.8 mol من Ti فالمادة Cl_2 هي المادة المتفاعلة المحددة للناتج .

mol Ti ⟶ mol $TiCl_4$

mol Cl_2 ⟶ mol $TiCl_4$

تمرين (3–7)

يحضر نتريد المغنيسيوم Mg_3N_2 من تفاعل المغنيسيوم مع النتروجين حسب المعادلة الآتية :

$$3\ Mg_{(s)} + N_{2\,(g)} \xrightarrow{\Delta} Mg_3N_{2\,(s)}$$

وعند اجراء التفاعل بخلط 4.0 mol من N_2 مع 6.0 mol من Mg وبدرجة حرارة معينة فان وعاء التفاعل يحتوي على خليط من المواد يتفق مع احد الاجوبة الآتية :

أ – 4.0 mol Mg_3N_2 و 1.0 mol Mg غير متفاعل .

ب – 2.0 mol Mg_3N_2 و 2.0 mol N_2 غير متفاعل.

جـ – 6.0 mol Mg_3N_2 و 3.0 mol N_2 غير متفاعل.

مثال 3 – 8 :

يحضر كلوريد الصوديوم من تفاعل الصوديوم مع الكلور حسب المعادلة الاتية :

$$2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(s)}$$

أ – ما المادة المتفاعلة المحددة للناتج ، عند تفاعل 11.2 mol من Na مع 3.2 mol من Cl_2.

ب – احسب عدد مولات NaCl الناتجة.

الحـــــل :

المعلوم :

1 – عدد مولات Na يساوي 11.2 mol

2 – عدد مولات Cl_2 يساوي 3.2 mol

المجهول :

1 – المادة المتفاعلة المحددة للناتج NaCl

2 – عدد مولات NaCl الناتجة.

النسبة بين عدد مولات NaCl الى Na في التفاعل $\dfrac{2\ \text{mol NaCl}}{2\ \text{mol Na}}$

النسبة بين عدد مولات NaCl الى Cl_2 في التفاعل $\dfrac{2\ \text{mol NaCl}}{1\ \text{mol } Cl_2}$

أ– عدد مولات NaCl الناتجة من 11.2 mol من Na

$$11.2\ \text{mol Na} \times \frac{2\ \text{mol NaCl}}{2\ \text{mol Na}} = 11.2\ \text{mol NaCl}$$

عدد مولات NaCl الناتجة من 3.2 mol من Cl_2

$$3.2\ \text{mol } Cl_2 \times \frac{2\ \text{mol NaCl}}{1\ \text{mol } Cl_2} = 6.4\ \text{mol NaCl}$$

بما ان عدد مولات NaCl الناتجة من تفاعل Cl_2 اقل من من تلك الناتجة من تفاعل Na فالمادة Cl_2 هي المادة المتفاعلة المحددة للناتج .

ب – نحسب عدد مولات NaCl الناتجة من تفاعل 3.2 mol من Cl_2 لانها المادة المتفاعلة المحددة للناتج وكما في اعلاه :

$$3.2\ \text{mol } Cl_2 \times \frac{2\ \text{mol NaCl}}{1\ \text{mol } Cl_2} = 6.4\ \text{mol NaCl}$$

mol Na ⟶ mol NaCl

mol Cl_2 ⟶ mol NaCl

تمرين (3–8)

ثنائي اوكسيد السليكون (الكوارتز) مادة غير نشطة عادة ، لكنها تتفاعل بسرعة مع فلوريد الهيدروجين حسب المعادلة الاتية :

$$SiO_{2(s)} + 4HF_{(g)} \longrightarrow SiF_{4(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

فأذا اجري التفاعل بخلط 2.0 mol من HF مع 4.5 mol من SiO_2 .

أ – ما المادة المتفاعلة المحددة للناتج ؟

ب – ماعدد مولات SiF_4 الناتجة ؟

3 - 4 - 4 : حساب حجوم الغازات

نتبع الخطوات التالية عندما نريد ان نحسب حجوم الغازات في المعادلة الكيميائية .

الخطوة الاولى : نحسب عدد مولات المادة من كتلتها التي تعطى في السؤال ، وذلك بتطبيق القانون الاتي:

$$n\ (mol) = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)}$$

او نحسب عدد مولات المادة من حجمها الذي يعطى في السؤال اذا كانت بشكل غاز وذلك بتطبيق القانون العام للغازات :

$$n\ (mol) = \frac{PV}{RT}$$

او نحسب عدد مولات الغاز اذا كان حجمه مقاس تحت الظروف القياسية (STP)، وبتطبيق القانون :

$$n\ (mol) = \frac{V\ (L)\ (at\ STP)}{22.4\ (L/mol)}$$

الخطوة الثانية : نحسب عدد مولات المادة المطلوبة في السؤال من عدد مولات المادة المحسوبة في الخطوة الاولى وبنفس الطريقة السابقة.

الخطوة الثالثة : نحسب كتلة المادة المطلوبة في السؤال من عدد مولاتها المحسوبة في الخطوة الثانية ومن تطبيق القانون :

$$m\ (g) = n\ (mol) \times M\ (g/mol)$$

او نحسب حجم الغاز من عدد مولاته المحسوبة في الخطوة الثانية ومن تطبيق القانون :

$$V(L) = \frac{nRT}{p}$$

ويمكن حساب حجم الغاز تحت الظروف القياسية (STP) بتطبيق القانون :

$$V\ (L) = n\ (mol) \times 22.4\ (L/mol)$$

كما ويمكن حساب حجم الغاز المجهول في السؤال من حجم غاز آخر معلوم وذلك باستخدام النسبة بين حجمي الغازين في معادلة التفاعل الموزونة، على ان تكون الحجوم مقاسة تحت نفس الظروف من درجة حرارة وضغط.

مثال 3 – 9 :

يتحد غاز احادي اوكسيد النتروجين NO مع الاوكسجين لتكوين غاز بني اللون من ثنائي اوكسيد النتروجين NO_2 حسب المعادلة الآتية:

$$2NO_{(g)} + O_{2\,(g)} \longrightarrow 2\,NO_{2\,(g)}$$

احسب حجم NO_2 الناتج من تفاعل 34 L من O_2 مع كمية كافية من NO علماً بان الحجوم مقاسة تحت (STP) .

الحـــل :

المعلوم :

حجم O_2 مقاسا في (STP) يساوي 34 L

المجهول :

حجم NO_2 الناتج

النسبة بين عدد مولات NO_2 الى O_2 في التفاعل $\dfrac{2\ \text{mol}\ NO_2}{1\ \text{mol}\ O_2}$

وبما ان الحجوم تتناسب تناسباً طردياً مع عدد المولات اذا كانت جميعها مقاسة تحت نفس الظروف في (STP) لذلك فأن

النسبة بين الحجوم ستكون : $\dfrac{2L\ NO_2}{1L\ O_2}$

وعليه سيكون حجم NO_2 مساوياً الى :

$$V\,(L) = 34\,\cancel{L}\,O_2 \times \frac{2L\ NO_2}{1\cancel{L}\,O_2} = 68\ L\ NO_2$$



تلوث الهواء بغاز ثنائي اوكسيد النتروجين (NO_2) ذو اللون البني يشكل خطراً على الحياة.

تمرين (3–9)

يتفاعل الفسفور (P_4) مع الهيدروجين لتكوين غاز الفوسفين PH_3 حسب المعادلة الاتية

$$P_{4\,(s)} + 6H_{2(g)} \longrightarrow 4\,PH_{3(g)}$$

احسب حجم PH_3 الناتج من تفاعل 0.42 L H_2

مثال 3 – 10 :

احسب حجم O_2 مقاسا في (STP) الذي يمكن الحصول عليه من تسخين 3.5 mol من KNO_3 حسب المعادلة الآتية:

$$2KNO_{3(s)} \xrightarrow{\ \Delta\ } 2KNO_{2(s)} + O_{2(g)}$$

الحـــل :

المعلوم :

3.5 mol من KNO_3

المجهول :

حجم O_2 مقاسا في (STP)

النسبة بين عدد مولات O_2 الى KNO_3 في التفاعل $\dfrac{1\ \text{mol}\ O_2}{2\ \text{mol}\ KNO_3}$

لذا فعدد مولات O_2 الناتجة من تفكك 3.5 mol من KNO_3 هو :

$$n(mol) = 3.5\ mol\ KNO_3 \times \frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ KNO_3} = 1.75\ mol\ O_2$$

احسب حجم O_2 مقاس في (STP) من تطبيق القانون

$$V(L) = n(mol) \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 1.75\ mol \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 39.2\ L$$

مثال 3 – 11 :

احسب عدد مولات ذرات النحاس التي تنتج من تفاعل 4250 mL من H_2 تحت (STP) مع كمية كافية من CuO حسب المعادلة الآتية:

$$CuO_{(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Cu_{(s)} + H_2O_{(l)}$$

الحـــل :

المعلوم:

حجم H_2 في (STP) يساوي 4250 mL

المجهول :

عدد مولات Cu

1 – نحول حجم H_2 من وحدة mL الى وحدة L

$$V(L) = 4250\ mL\ H2 \times \frac{1L}{1000\ mL} = 4.250\ L\ H_2$$

2 – احسب عدد مولات H_2 من حجمه المقاس في (STP) وذلك بتطبيق القانون

$$n(mol) = \frac{V(L)\ \ at\ STP}{22.4\ (L/mol)}$$

$$n(mol) = \frac{4.250\ L}{22.4\ (L/mol)} = 0.19\ mol\ H_2$$

3 – احسب عدد مولات Cu الناتجة من تفاعل 0.19 mol من H_2 ومن استخدام نسبة عدد المولات من المعادلة :

عدد المولات = عدد المولات المعلومة × نسبة عدد المولات

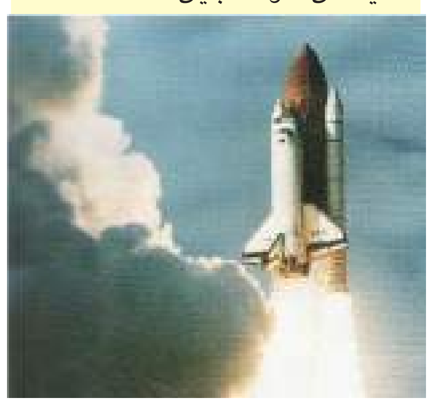
$$n(mol) = 0.19\ mol\ H_2 \times \frac{1\ mol\ Cu}{1\ mol\ H_2} = 0.19\ mol\ Cu$$

تمرين (3–10)

يحترق الهيدرازين N_2H_4 المستخدم كوقود للصاروخ حسب المعادلة الاتية :

$$N_2H_{4(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

احسب حجم N_2 تحت (STP) الناتج من تفاعل 1.0 kg من N_2H_4 مع كمية كافية من الاوكسجين .



استعمال الهيدرازين كوقود للصاروخ

مثال 3 – 12

يتفكك 0.4 mole من كلورات البوتاسيوم بالحرارة حسب المعادلة الاتية

$$2KClO_{3\,(s)} \xrightarrow{\Delta} 2KCl_{\,(s)} + 3O_{2(g)}$$

احسب حجم O_2 المتحرر بدرجة 27°C وتحت ضغط 760 Torr

الحـــــل :

المعلوم :

عدد مولات $KClO_3$ يساوي 0.4 mol

المجهول :

حجم O_2 بدرجة 27°C وتحت ضغط 760 Torr .

1 – احسب درجة الحرارة بوحدات كلفن

$$T\,(K) = 27\,°C + 273 = 300\ K$$

2 – احسب عدد مولات O_2 الناتجة من تفكك 0.4 mol من $KClO_3$ ونسب عدد المولات .

$$n(mol) = 0.4\ \text{mol}\ KClO_3 \times \frac{3\ \text{mol}\ O_2}{2\ \text{mol}\ KClO_3} = 0.6\ \text{mol}\ O_2$$

2 – احسب حجم O_2 بدرجة حرارة 300 K وضغط 1atm (علماً ان 1atm = 760 Torr) من تطبيق القانون العام للغازات .

$$V = \frac{nRT}{p}$$

$$V\,(L) = \frac{0.6\ \text{mol} \times 0.082\ \frac{L\,.\,atm}{K\,.\,mol} \times 300\ K}{1\ atm} = 14.76\ L\ O_2$$

تمرين (3–11)

تتفكك نترات الامونيوم NH_4NO_3 بالحرارة العالية حسب المعادلة الاتية :

$$2NH_4NO_{3(s)} \longrightarrow 2N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} + O_{2(g)}$$

احسب الحجم الكلي للغازات مقاس تحت (STP) والناتجة من تفكك 34 g من NH_4NO_3 .

تمرين (3–12)

للتفاعل الآتي:

$$Mg_3N_{2(s)} + 6H_2O_{(l)} \longrightarrow 3Mg(OH)_{2(s)} + 2NH_{3(g)}$$

احسب

أ – عدد غرامات نتريد المغنيسيوم Mg_3N_2 اللازمة لتكوين 5.75 L من الامونيا عند (STP) .

ب – عدد مولات $Mg(OH)_2$ الناتجة.

3–4–5 النسبة المئوية للناتج Percent yield

عند حساب كتلة المادة الناتجة من معادلة التفاعل الكيميائي الموزونة ومن الكتلة المعلومة لمادة متفاعلة، فان هذه الكتلة تسمى بالناتج النظري (Theoretical yield) ، وعند اجراء تجربة عملية لتحضيرها وقياس كتلتها عمليا ، فان هذه الكتلة تسمى بالناتج الحقيقي (الفعلي) (Actual yield) .

يكون الناتج الحقيقي (الفعلي) دائما اقل من الناتج النظري بسبب :

1 – عدم اكتمال التفاعل بين المواد المتفاعلة .

2 – عند استعمال مواد غير نقية تحصل تفاعلات جانبية ينتج عنها مواد غير مرغوب فيها .

3 – فقدان كمية من المادة الناتجة عند اجراء عملية الترشيح أو عند نقلها من وعاء الى آخر .

4 – عدم دقة قياس كتل المواد المتفاعلة والناتجة .

تحسب النسبة المئوية للناتج من تطبيق القانون الاتي :

$$\text{percent yield} = \frac{\text{Actual yield}}{\text{Theoretical yield}} \times 100\%$$

$$\text{النسبة المئوية للناتج} = \frac{\text{الناتج الحقيقي (الفعلي)}}{\text{الناتج النظري}} \times 100\%$$



انتاج الحقول يقاس بالنسبة المئوية للانتاج، لأن ظروف الانتاج تختلف من سنة الى اخرى وان الانتاج الفعلي يختلف عن الانتاج المتوقع (النظري).

مثال 3 – 13 :

افترض التفاعل الاتي :

$$2Al\,(s) + 3Cl_2\,(g) \longrightarrow 2AlCl_3\,(s)$$

احسب النسبة المئوية لكلوريد الالمنيوم الناتج من تفاعل 1.5 mol من Al اذا علمت ان كتلته المنتجة فعلياً تساوي 139 g.

الحــــل :

المعلوم : 1.5 mol من Al

المجهول : النسبة المئوية لانتاج $AlCl_3$

نحسب عدد مولات $AlCl_3$ باستخدام نسبة عدد المولات في المعادلة الموزونة .

$$n(mol) = 1.5\ mol\ Al \times \frac{2\ mol\ AlCl_3}{2\ mol\ Al} = 1.5\ mol\ AlCl_3$$

نحسب كتلة $AlCl_3$ الناتجة نظرياً من عدد المولات المعلومة والكتلة المولية لـ $AlCl_3$ $(M\,(AlCl_3) = 133.5\ g/mol)$

$$m\,(g) = n\,(mol) \times M\,(g/mol) = 1.5\ mol \times 133.5\ g/mol = 200.3\ g$$

وعليه فالنسبة المئوية للناتج هي

$$\%\,AlCl_3 = \frac{139\ g}{200.3\ g} \times 100\% = 69.4\%$$

مثال 3 – 14 :

تتفكك كاربونات الكالسيوم بالحرارة حسب المعادلة الاتية :

$$CaCO_{3\,(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2\,(g)}$$

1 – ما كتلة CaO المحسوبة نظريا والتي تنتج من تسخين 24.8 g من $CaCO_3$

2 – احسب النسبة المئوية لانتاج CaO اذا كانت كتلته المنتجة فعليا تساوي 13.1 g علما بان الكتلة المولية لـ $CaCO_3$ تساوي 100 g/mol و لـ CaO تساوي 56 g/mol .

الحـــــل :

المعلوم :

1 – كتلة $CaCO_3$ = 24.8 g

2 – الناتج الفعلي لـ CaO يساوي 13.1 g

3 – الكتلة المولية لـ $CaCO_3$ تساوي 100 g/mol و لـ CaO تساوي 56 g/mol

المجهول :

1 – الناتج النظري لـ CaO

2 – النسبة المئوية لانتاج CaO

1 – حول كتلة $CaCO_3$ الى مولات

$$n\,(mol) = \frac{24.8\ (g)}{100\ (g/mol)} = 0.25\ mol\ CaCO_3$$

2 – احسب عدد مولات CaO الناتجة من 0.25 mol من $CaCO_3$ باستخدام النسب المولية في المعادلة الموزونة .

$$0.25\ mol\ CaCO_3 \times \frac{1mol\ CaO}{1mol\ CaCO_3} = 0.25\ mol\ CaO$$

3 – احسب كتلة 0.25 mol من CaO (الناتج النظري)

$$m\,(g) = 0.25\ (mol) \times 56\ (g/mol) = 14\ g\ CaO$$

4 – احسب النسبة المئوية لانتاج CaO بتطبيق القانون

$$\text{النسبة المئوية للناتج} = \frac{\text{الناتج الحقيقي (الفعلي)}}{\text{الناتج النظري}} \times 100\%$$

$$\%\ CaO = \frac{13.1g}{14.0g} \times 100\% = 93.6\%$$

تمرين (3–13)

يتفاعل 1.68 g من الكادميوم مع حامض الهيدروكلوريك المخفف حسب المعادلة الاتية :

$$Cd_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CdCl_{2(s)} + H_{2(g)}$$

1 – احسب عدد غرامات الهيدروجين الناتجة

2 – احسب النسبة المئوية لانتاج الهيدروجين اذا كان انتاجه الفعلي يساوي 0.025 g

تمرين (3–14)

يتفاعل 7.31 g من الحديد مع 0.3 mol من حامض الهيدروكلوريك المخفف حسب المعادلة الاتية :

$$Fe_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow FeCl_{2\,(s)} + H_{2\,(g)}$$

1 – احسب عدد غرامات الهيدروجين الناتجة .

2 – احسب النسبة المئوية لانتاج الهيدروجين اذا كان انتاجه الحقيقي يساوي 0.22 g

ملاحظة: عند الحاجة للكتل الذرية في بعض الاسئلة راجع ذلك في جداول نهاية الكتاب

1.3 يتفاعل 1.26 mol من النحاس مع 0.8 mol من الكبريت لتكوين كبريتيد النحاس حسب المعادلة الآتية :

$$2Cu_{(s)} + S_{(s)} \longrightarrow Cu_2S_{(s)}$$

أ – ما المادة المتفاعلة المحددة للناتج .

ب– احسب عدد مولات المادة المتبقية بدون تفاعل .

2.3 يُنتج الحديد من تفاعل اختزال اوكسيد الحديد III Fe_2O_3 بواسطة غاز احادي اوكسيد الكاربون ، حسب المعادلة الآتية :

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \longrightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

أ – ما اعلى كتلة للحديد يمكن الحصول عليها من اختزال 454 g من اوكسيد الحديد.

ب – ما كتلة CO اللازمة لعملية الاختزال.

جـ – ما النسبة المئوية لانتاج الحديد اذا كانت كتلته المنتجة فعليا تساوي 265.8 g.

3.3 يتفاعل 50.0 g من ثنائي اوكسيد السليكون SiO_2 مع كمية كافية من الكاربون حسب المعادلة الآتية:

$$SiO_{2(s)} + 3C_{(s)} \longrightarrow SiC_{(s)} + 2CO_{(g)}$$

احسب :

أ – عدد غرامات كاربيد السليكون SiC الناتجة.

ب – عدد غرامات احادي اوكسيد الكاربون CO الناتج.

4.3 يحضر غاز الهيدروجين من تفاعل المغنيسيوم مع حامض الهيدروكلوريك المخفف حسب المعادلة الآتية:

$$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

أ – ما هي المادة المتفاعلة المحددة للناتج عند تفاعل 6 g HCl مع 5 g Mg

ب – ما عدد مولات $MgCl_2$ الناتجة.

جـ – ما حجم H_2 الناتج في (STP) .

د – احسب كتلة $MgCl_2$ الناتجة .

هـ – ما حجم H_2 الناتج عند درجة حرارة 37 °C وضغط 2.5 atm .

5.3 يحترق الاستلين بتفاعله مع الاوكسجين لتوليد الشعلة الاوكسي استيلينية، حسب المعادلة الآتية :

$$2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

احسب :

أ – حجم O_2 مقاس في (STP) اللازم للتفاعل مع 55 g من الاستيلين .

ب – عدد جزيئات CO_2 الناتجة من التفاعل.

6.3 للتفاعل الآتي

$$P_{4(s)} + 6F_{2(q)} \longrightarrow 4PF_{3(g)}$$

عدد غرامات F_2 اللازمة للتفاعل مع 6.02 g من P_4 هي:

أ – 2.85 g   ب – 5.70 g

جـ – 11.4 g   د – 37.2 g

7.3 يحضر كحول المثيل CH_3OH صناعياً من تسخين غاز احادي اوكسيد الكاربون مع الهيدروجين تحت ضغط عالٍ وبوجود عامل مساعد من اوكسيد الكروم Cr_2O_3 واوكسيد الخارصين ZnO وحسب المعادلة الآتية :

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow CH_3OH_{(g)}$$

أ – احسب حجم CH_3OH الناتج عند تفاعل 60.0 L من CO مع 80.0 L من H_2 .

ب – ما حجم غاز CO او H_2 غير المتفاعل .

8.3 للتفاعل الآتي:

$$3Cl_{2(g)} + 6KOH_{(aq)} \longrightarrow 5KCl_{(aq)} + KClO_{3(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

احسب عدد مولات $KClO_3$ الناتجة من تفاعل 24.7 L من الكلور مقاس في (STP).

14.3 اكتب ثلاث علاقات تعبر عن النسبة بين عدد المولات للمواد في المعادلة الاتية:

$$2Fe_{(s)} + 3S_{(s)} \longrightarrow Fe_2S_{3\,(s)}$$

9.3 افترض التفاعل الاتي بين الرصاص الصلب ومحلول نترات الفضة:

$$Pb_{(s)} + 2AgNO_{3\,(aq)} \longrightarrow Pb(NO_3)_{2\,(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

أ – احسب عدد مولات نترات الفضة اللازمة للتفاعل بشكل تام مع 9.3 mol من الرصاص.

ب – احسب عدد مولات Ag الناتجة من تفاعل 28.4 mol من الرصاص بشكل تام.

10.3 في التفاعل التالي، احسب عدد الغرامات الناتجة من كل ناتج عند تفاعل الكميات ادناه بشكل تام :

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3\,(s)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(s)}$$

أ – 4.70 g من Al

ب – 4.79 g من Fe_2O_3

11.3 افترض التفاعل الاتي:

$$2A + 3B \longrightarrow C$$

ما هي المادة المتفاعلة المحددة للناتج عند مزج الكميات التالية من A و B ؟

أ – 2 mol A و 3 mol B

ب – 24 mol A و 75 mol B

12.3 افترض التفاعل الاتي:

$$2NiS_{2\,(s)} + 5O_{2\,(g)} \longrightarrow 2NiO_{(s)} + 4SO_{2\,(g)}$$

عند استعمال 11.2 g من NiS_2 لتتفاعل مع 5.43 g من O_2 ثم الحصول على 4.86 g من NiO . جد:

أ – المادة المتفاعلة المحددة للناتج.

ب – الناتج النظري لـ NiO .

جـ – النسبة المئوية لناتج التفاعل.

13.3 افترض التفاعل الاتي :

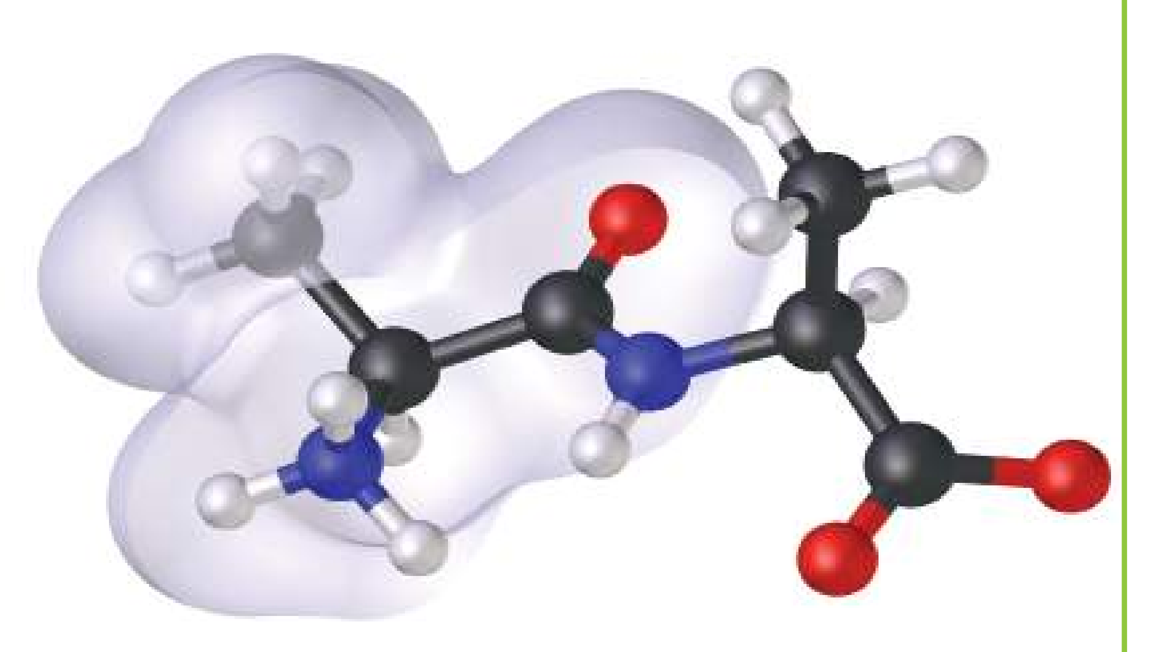
$$CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \longrightarrow CaCO_3$$

خلط كيميائي 14.4 g من CaO مع 13.8 g من CO_2، وبعد انتهاء التفاعل جمع هذا الكيميائي 19.4 g من $CaCO_3$. اوجد المادة المتفاعلة المحددة للناتج والناتج النظري والنسبة المئوية للناتج لهذا التفاعل .

الفصل الرابع

4

الكيمياء العضوية
Organic Chemistry



بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على ان : -

- ☐ يفرق بين المركبات العضوية وغير العضوية.
- ☐ يبرز علاقة الترتيب الالكتروني لذرة الكاربون وقدرتها على تكوين اواصر تساهمية.
- ☐ يكتب الصيغة البنائية للتفريق بين المركبات العضوية المختلفة التي لها نفس الصيغة الجزيئية.
- ☐ تسمية المركبات العضوية المختلفة وفق نظام التسمية العام ايوباك IUPAC .
- ☐ يعرف الخواص الفيزيائية للالكانات والالكينات والالكاينات.
- ☐ يصف السلسلة المتجانسة لمجموعة مركبات عضوية لها صيغة عامة وخواص كيميائية متشابهة وتظهر تدرجها في الخواص الفيزيائية.
- ☐ يميز بين المركبات المشبعة وغير المشبعة.
- ☐ يدرك اهمية بلمرة الاثيلين في الصناعة وكذلك اهمية المركبات العضوية الاخرى في الحياة اليومية.

4-1 مقدمة

بدأ التاريخ الحديث للكيمياء العضوية مع بداية القرن التاسع عشر ، وقد وصف العالم فوهلر الذي كان ذا باع طويل في تطوير هذا العلم، بانهُ غابة ذات حدود لا نهائية . لقد اتسع ميدان الكيمياء العضوية ومع ذلك اصبحت حدوده اكثر وضوحاً كما ان فهم ما يجري فيه وادراك معانيه في تناول الجميع .

تختص الكيمياء العضوية بدراسة مركبات الكاربون العضوية وطرائق تحضيرها وخواصها والتي تمس حياتنا اليومية مباشرةً حيث ان هذه المركبات تدخل في الغذاء والدواء والكساء والوقود وتمتاز المركبات العضوية عن المركبات اللاعضوية بصورة عامة بما يأتي :

1 - الكاربون عنصر اساس في تركيبها ويليه الهيدروجين وعناصر اخرى مثل الاوكسجين و النتروجين و الكبريت و الفسفور .

2 - ان الاواصر الكيميائية في المركبات العضوية تكون في الغالب تساهمية.

3 - معظم المركبات العضوية قابلة للاحتراق والتجزأ بالتسخين لذا تعتبر أهم مصدر للطاقة.

4 - تفاعلات المركبات العضوية بصورة عامة بطيئة وانعكاسية.

5 - معظم المركبات العضوية تذوب في المذيبات العضوية كالكحول والايثر والبنزين والاسيتون والكلوروفورم .

6 - تتميز المركبات العضوية بوجود ظاهرة الجناس وهي ظاهرة ذات اهمية كيميائية وفيزيائية .



تستخدم المركبات العضوية كوقود

4 - 2 الترتيب الالكتروني لذرة الكاربون

ان العدد الذري لذرة الكاربون هو (6) اي يوجد في غلافها الخارجي اربعة الكترونات اي انه نصف مشبع وبعبارة اخرى لا تستطيع ذرة الكاربون فقدان او اكتساب الالكترونات لاشباع غلافها الخارجي لأنها لا تميل الى تكوين آيونات رباعية موجبة

كانت او سالبة لأن ذلك يتطلب طاقة كبيرة وعليه فان ذرة الكاربون تساهم بالالكترونات الاربعة لاشباع غلافها الخارجي عن طريق تكوين اربعة اواصر تساهمية وبهذه الصفة الفريدة لذرة الكاربون تصبح لها القدرة على تكوين عدد هائل من المركبات العضوية تكون إما بشكل :

أ – سلاسل كاربونية مستمرة غير متفرعة .

ب – سلاسل كاربونية متفرعة .

جـ – سلاسل كاربونية مغلقة حلقية .

د – سلاسل كاربونية تحتوي على أواصر مزدوجة .

هـ – سلاسل كاربونية تحتوي على أواصر ثلاثية .

ويوضح الشكل (4–1) الانواع المختلفة من السلاسل الكاربونية .

$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$

(أ)

$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{C}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$

(ب)

C–C حلقات (سداسية، رباعية، خماسية)

(جـ)

$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\underset{|}{C}=\underset{|}{C}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$

اصرة مزدوجة

(د)

$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-C\equiv C-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$

اصرة ثلاثية

(هـ)

الشكل(4–1)

أ – سلاسل كاربونية مستمرة غير متفرعة .

ب – سلاسل كاربونية متفرعة

جـ – سلاسل كاربونية مغلقة حلقية

د – سلاسل كاربونية تحتوي على أصرة مزدوجة .

هـ – سلاسل كاربونية تحتوي على أصرة ثلاثية .

4 – 3 المركبات الوسطية النشطة (Intermediate)

خلال التفاعلات الكيميائية تنشأ اواصر وتنكسر اواصر اخرى ويؤدي انشطار الاصرة الى تكوين مركبات وسطية ذات ثبات منخفض (فعالية عالية) لا تلبث ان تتفاعل مستكملة ما تحتاج اليه من ارتباطات جديدة وعليه فان هناك نوعان من الانشطارات:

1 – الانشطار المتجانس : هو انشطار او انكسار الأصرة التساهمية بين ذرتين او مجموعتين بحيث يحتفظ كل جزء بالكترون واحد من الكترونات الاصرة التساهمية وتكوين دقائق غير مشحونة ويسمى كل منهما بالجذر الحر (Free Radical) .

$$A\cdot/\cdot B \longrightarrow \underset{\text{جذر حر}}{A^{\cdot}} + \underset{\text{جذر حر}}{B^{\cdot}}$$

$$H-\overset{H}{\underset{H}{C}}\cdot/\cdot\overset{H}{\underset{H}{C}}-H \longrightarrow H-\overset{H}{\underset{H}{C}}^{\cdot} + {}^{\cdot}\overset{H}{\underset{H}{C}}-H$$

2 – الانشطار غير المتجانس : هو انكسار الاصرة التساهمية بين ذرتين او مجموعتين بحيث تحتفظ احداهما بزوج الالكترونات وتحمل الشحنة السالبة (ايون الكاربانيون) بينما تبقى الاخرى حاملة للشحنة الموجبة (ايون الكاربونيوم).

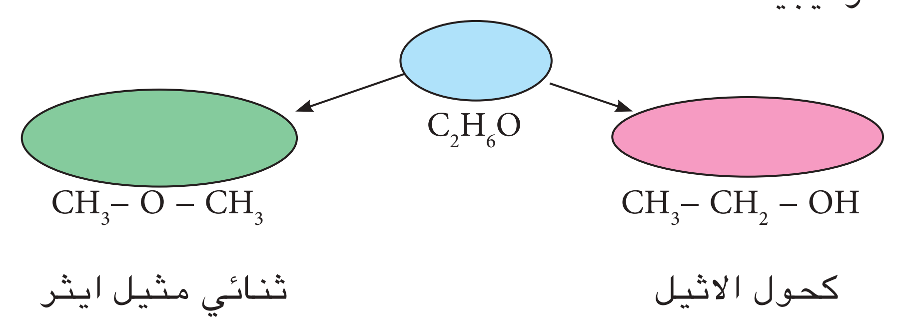
$$A - B \longrightarrow A^{+} + B^{-}$$

$$H_3C - CH_3 \longrightarrow H_3C^{\oplus} + {}^{\ominus}CH_3$$

ايون الكاربونيوم — ايون الكاربانين

4 - 4 الصيغة التركيبية أو البنائية

وهي الصيغة التي تبين عدد ذرات كل عنصر في الجزيء الواحد وترتيبها في الفراغ اي كيفية ارتباط الذرات ونوعها وتكافؤها وان عدد الأواصر المحيطة بكل ذرة تساوي تكافؤ تلك الذرة فالصيغة الجزيئية غالبا ماتفشل في تحديد نوعية المركب لوجود اكثر من مركب واحد يشترك في صيغة جزيئية واحدة فمثلاً الصيغة الجزيئية C_2H_6O تمثل كلاً من كحول الأثيل وثنائي مثيل ايثر وهذا الاختلاف في الخواص جاء نتيجة الاختلاف في كيفية ترابط الذرات المكونة لجزيء المادة مع بعضها في الفضاء وتسمى هذه الظاهرة بالجناس ولأجل التمييز بين هذه المركبات المختلفة يجب كتابة الصيغة التركيبية .

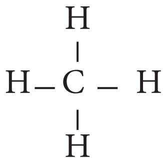


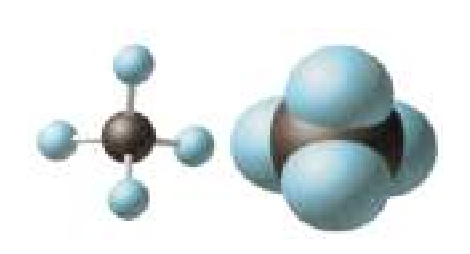
كحول الاثيل — ثنائي مثيل ايثر

5 - 4 الهيدروكاربونات Hydrocarbons

هي مركبات عضوية تتكون من الكاربون والهيدروجين فقط وتصنف (حسب كون السلسلة الكاربونية مغلقة او مفتوحة او حسب كون المركب مشبع او غير مشبع) الى ما يأتي :

1 - الالكانات او البارافينات هي مركبات مشبعة ذات اصرة مفردة قانونها العام (C_nH_{2n+2}) وابسط مركباتها هو غاز الميثان CH_4.





جزيء غاز الميثان

2 – الألكينات او الاوليفينات وهي مركبات غير مشبعة ذات اصرة مزدوجة قانونها العام (C_nH_{2n}) وابسط مركباتها هو الأثيلين C_2H_4 .


جزيء غاز الاثيلين

$$\begin{array}{ccccc} & H & & H & \\ & | & & | & \\ H - & C & = & C & - H \end{array}$$

3 – الألكاينات او الأستيلينات وهي مركبات غير مشبعة ذات اصرة ثلاثية قانونها العام (C_nH_{2n-2}) وابسط مركباتها هو الأستيلين C_2H_2 او (الايثاين) .


جزيء غاز الاستيلين

$$H - C \equiv C - H$$

4 – المركبات ذات السلسلة الكاربونية المغلقة او الحلقية منها المشبعة وتدعى الألكان الحلقي مثل الهكسان الحلقي او غير مشبعة فتدعى الكين حلقي وكذلك المركبات الأروماتية او العطرية مثل البنزين ومشتقاته

جزيء البنزين

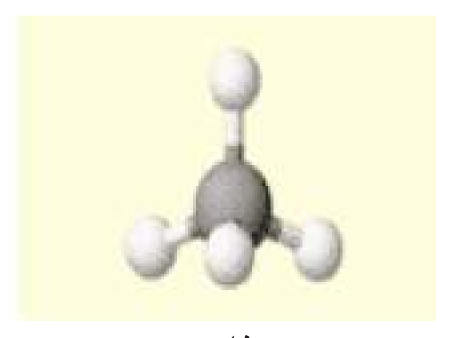
وفيما يأتي مخطط عام لتصنيف الهيدروكاربونات :

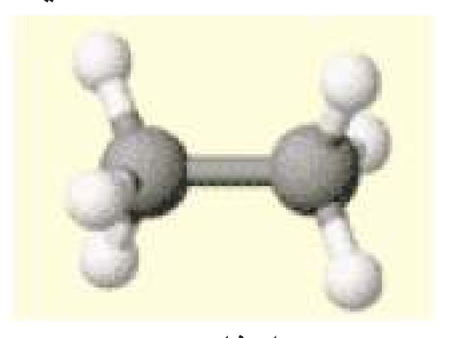
الهيدروكاربونات

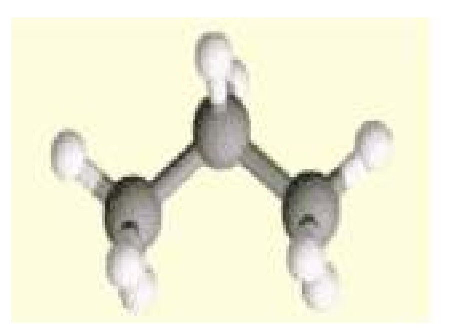
- مركبات ذات سلسلة كاربونية مفتوحة (اليفاتية)
  - مشبعة
    - الكانات مثل CH_4 — ميثان
  - غير مشبعة
    - الالكينات $CH_2 = CH_2$ — اثيلين
    - الالكاينات $CH \equiv CH$ — استيلين
- مركبات ذات سلسلة كاربونية مغلقة (حلقية)
  - مشبعة
    - الكانات حلقية — هكسان حلقي
  - غير مشبعة
    - الالكينات حلقية — هكسين حلقي
    - اروماتية عطرية — بنزين

6-4 الألكانات أو البارافينات Alkanes

هي هيدروكاربونات مشبعة اساس تركيبها ذرات الكاربون والهيدروجين التي ترتبط مع بعضها بأواصر تساهمية مفردة وقوية والقانون العام لها هو (C_nH_{2n+2}) حيث (n) عدد صحيح يمثل عدد ذرات الكاربون ومن امثلتها الميثان CH_4 والأيثان C_2H_6 والبروبان C_3H_8 كما في الاشكال التوضيحية الاتية :


ميثان


ايثان


بروبان

ويوضح الجدول 4 – 1 اسماء وتراكيب الالكانات العشرة الاولى:

الجدول 4-1 اسماء والصيغ التركيبية للالكانات العشرة الاولى:

عدد ذرات الكاربون	المقطع باللاتينية	اسم المركب	الصيغة التركيبية للمركب
C_1	ميث	ميثان	CH_4
C_2	أيث	أيثان	CH_3-CH_3
C_3	بروب	بروبان	$CH_3-CH_2-CH_3$
C_4	بيوت	بيوتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
C_5	بنت	بنتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
C_6	هكس	هكسان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
C_7	هبت	هبتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
C_8	اوكت	اوكتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
C_9	نون	نونان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
C_{10}	ديك	ديكان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

تشكل افراد الألكانات متسلسلة متشاكلة وتعني مجموعة المركبات العضوية المستمرة المتشابهة في التركيب الأساس والقانون العام وطرائق التحضير والخواص الكيميائية والمتدرجة في كتلها المولية وخواصها الفيزيائية والتي يختلف كل فرد فيها عن سابقه او لاحقه بوحدة بنائية هي $-CH_2-$ كما في السلسلة اعلاه .

1-6-4 أصناف ذرات الكاربون

تصنف ذرات الكاربون حسب ارتباطها مع بعضها في المركبات الى الأنواع الآتية :

1 – ذرة الكاربون الأولية وهي الذرة التي ترتبط بها ذرة كاربون واحدة اخرى مثل :

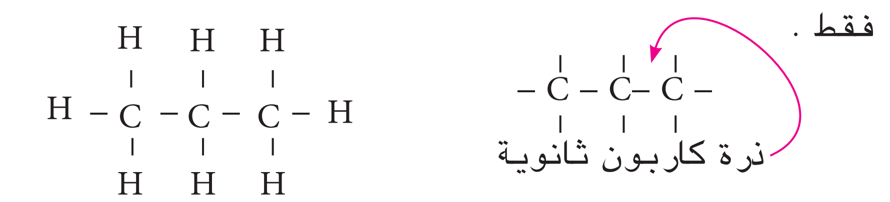
$$\begin{matrix} & | & & | & \\ - & C & - & C & - \\ & | & & | & \end{matrix}$$

ذرة كاربون اولية

$$\begin{matrix} & H & & H & \\ & | & & | & \\ H- & C & - & C & -H \\ & | & & | & \\ & H & & H & \end{matrix}$$

الايثان

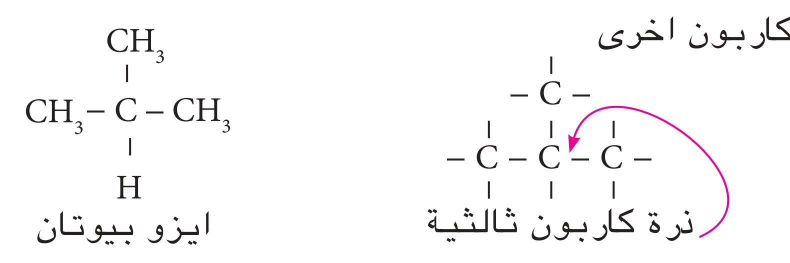
2 – ذرة الكاربون الثانوية وهي الذرة التي ترتبط بها ذرتا كاربون فقط .



تمرين (1–4)
حدد اصناف ذرات الكاربون والهيدروجين في المركب الاتي :

$$\begin{matrix} & & H & & CH_3 & & H & \\ & & | & & | & & | & \\ CH_3 & - & C & - & C & - & C & -CH_3 \\ & & | & & | & & | & \\ & & H & & CH_3 & & H & \end{matrix}$$

3 – ذرة الكاربون الثالثية وهي الذرة التي ترتبط بها ثلاث ذرات كاربون اخرى



4) ذرة الكاربون الرابعية وهي الذرة التي ترتبط بها أربع ذرات كاربون اخرى

$$\begin{matrix} & & | & & \\ & - & C & - & \\ & & | & & \\ - C & - & C & - & C - \\ & & | & & \\ & - & C & - & \\ & & | & & \end{matrix}$$

ذرة كاربون رابعية

$$\begin{matrix} & & CH_3 & & \\ & & | & & \\ CH_3 & - & C & - & CH_3 \\ & & | & & \\ & & CH_3 & & \end{matrix}$$

نيو بنتان

كذلك فان نوع ذرة الهيدروجين يرتبط بنوع ذرة الكاربون المرتبطة معها، فالهيدروجين المرتبط بذرة كاربون أولية يسمى هيدروجين اولي والذي يرتبط بذرة كاربون ثانوية يسمى بالهيدروجين الثانوي وبنفس الطريقة هناك هيدروجين ثالثي ولا يوجد هيدروجين رابعي ولا توجد ذرة كاربون خامسية .... لماذا ؟

$$\begin{matrix} & & & & CH_3 & & CH_3 & & \\ & & & & | & & | & & \\ CH_3 & - & CH_2 & - & CH & - & C & - & CH_3 \\ & & & & & & | & & \\ & & & & & & CH_3 & & \end{matrix}$$

اولي ↑ CH_3 ، ثانوي ↑ CH_2 ، ثالثي ↑ CH

4-6-2 تسمية الالكانات

ان الالكان الذي سلسلة الكاربون فيه مستمرة غير متفرعة له تسمية شائعة وقديمة تبدأ بالحرف n (نظامي Normal)ثم يذكر اسم الالكان المقابل مثل :

$$CH_3 - CH_2 - CH_3$$

(ن – بروبان) n – Propane

اما الالكان الذي يحتوي على المجموعة المتفرعة

$$\begin{array}{c} \quad CH_3 \\ \quad | \\ CH_3 - CH - CH_3 \end{array}$$

له تسمية شائعة وقديمة تبدأ بكلمة آيزو(iso) ثم يذكر اسم الالكان المقابل مثل :

$$\begin{array}{c} \quad CH_3 \\ \quad | \\ CH_3 - CH - CH_3 \end{array}$$

(ايزو بيوتان) Iso butane

اما الالكان الذي يحتوي على ذرة كاربون رابعية له ايضاً تسمية شائعة وقديمة تبدأ بكلمة نيو (neo) ثم يذكر اسم الالكان المقابل مثل:

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3 - C - CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

(نيوبنتان) Neo Pentane

4-6-3 مجاميع الالكيل

تعرف المجموعة المتبقية من الالكان بعد حذف ذرة الهيدروجين منه بالالكيل (Alkyl) الذي قانونه العام C_nH_{2n+1} والصيغة العامة (– R) و يوضح الجدول (4–2) مجاميع الالكيل والالكانات المشتقة منها . يكتب جذر الالكيل عادة بوضع اصرة تساهمية للارتباط بدل ذرة الهيدروجين الذي فقدها الالكان وعلى الصورة الاتية :

$$C_nH_{2n+1}—$$

الجدول 4-2 مجاميع الالكيل وتسمياتها

الكان Alkane	الكيل Alkyl
ميثان CH_4 Methane	مثيل CH_3- Methyl
ايثان C_2H_6 Ethane CH_3-CH_3	اثيل C_2H_5- Ethyl CH_3-CH_2-
بروبان C_3H_8 Propane $CH_3-CH_2-CH_3$ n–Propane	بروبيل C_3H_7- Propyl $CH_3-CH_2-CH_2-$ n propyl $CH_3-\underset{\mid}{CH}-CH_3$ Iso Propyl ايزوبروبيل

مثال 4–1 :

ما الصيغة الجزيئية للالكان الذي يتكون من 4 ذرات كاربون ؟

الحـــــل :

بما ان القانون العام للالكانات (C_nH_{2n+2})

n = عدد ذرات الكاربون وتساوي 4 وان عدد ذرات الهيدروجين

$H_{2n+2} = 2 \times 4 + 2 = 10$

ستكون الصيغة الجزيئية هي C_4H_{10}

هل تعلم

ان الفرق بين الالكان ومجموعة الالكيل المشتقة منه هي ذرة هيدروجين واحدة، وان اسم المجموعة اشتق من اسم الالكان بتغيير المقطع (أن) من اسم الالكان وابداله بالمقطع (يل) مثل بروبان يصبح بروبيل .

4-6-4 نظام التسمية العام (ايوباك) IUPAC للالكانات

قواعد التسمية :

1– نختار اطول سلسلة كاربونية مستمرة من ذرات الكاربون ونبدأ بترقيم ذرات الكاربون من الطرف القريب لاقرب تفرع فيها ويعطى لها اسم الالكان المقابل.

$$\text{بيوتان (Butane)} \quad -\overset{1}{C}-\overset{2}{C}-\overset{3}{C}-\overset{4}{C}-$$

2– نعين مواقع مجاميع الالكيل او المجاميع المعوضة بارقام ذرات الكاربون المرتبطة بها .

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C_1}}-\underset{H-C-H \atop H}{\overset{H}{C_2}}-\underset{H}{\overset{H}{C_3}}-\underset{H}{\overset{H}{C_4}}-H$$

2–Methyl butane

(2 – مثيل بيوتان)

تمرين (4–2)

ما الصيغة الجزيئية للالكان الذي يتكون من 10 ذرات كاربون؟

3– عند وجود اكثر من مجموعة الكيلية او معوضة واحدة ترتب حسب الحروف الهجائية اللاتينية عند التسمية.

4 – استخدام الفواصل بين الارقام (،) والخط (–) بين الرقم والاسم في التسمية.

5 –للدلالة على عدد المجاميع المعوضة المتماثلة (المتشابهة) نستخدم المقاطع الاتية :

احادي	(mono)
ثنائي	(di)
ثلاثي	(tri)
رباعي	(tetra)
خماسي	(penta)

ولغرض فهم قواعد التسمية نورد الامثلة الاتية :

$$\overset{1}{CH_3} - \underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{2|}{C}}} - \overset{3}{CH_3}$$

2,2–Dimethyl propane

2،2 – ثنائي مثيل بروبان

$$\overset{1}{CH_3} - \underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{2|}{C}}} - \overset{CH_3}{\overset{3|}{CH}} - \overset{4}{CH_2} - \overset{5}{CH_3}$$

2,2,3–Tri methyl pentane

3،2،2 – ثلاثي مثيل بنتان

$$\overset{7}{CH_3} - \overset{6}{CH_2} - \overset{5}{CH_2} - \overset{4}{CH_2} - \underset{\underset{{}^{1}CH_3}{|}}{\underset{{}^{2}CH_2}{\overset{3}{CH}}} - CH_3$$

3–Methyl heptane

3 – مثيل هبتان

$$\overset{5}{CH_3} - \overset{4}{CH_2} - \underset{CH_3}{\overset{3}{CH}} - \overset{\overset{1}{CH_3}}{\overset{|2}{CH}} - Cl$$

2–Chloro–3–methyl pentane

2 –كلورو –3 – مثيل بنتان

تمرين (4–3)

اعط اسماء كل من الصيغ التركيبية الاتية :

1)

$$CH_3 - \underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}} - \underset{Cl}{CH} - \overset{CH_3}{CH} - CH_3$$

2)

$$CH_3-CH_2-\overset{CH_3}{CH}-\overset{CH_2CH_3}{CH}-CH_2-CH_2-CH_3$$

تمرين (4–4)

اكتب الصيغ التركيبية لكل من الاسماء الاتية

1)

2 –كلورو – 2– مثيل بيوتان

2)

3،2 – ثنائي مثيل بنتان

5-6-4 الجناس Isomerism

هي ظاهرة وجود مركبان (أو اكثر) في الطبيعة لهما نفس الصيغة الجزيئية لكنهما يختلفان في الخواص الفيزيائية والكيميائية بسبب اختلافهما في الصيغة التركيبية (الهيكل البنائي). ويبتدأ الجناس من جزيء البيوتان C_4H_{10}، حيث هناك احتمالان لارتباط ذرات الكاربون مع بعضها

الأحتمال الأول : ارتباط ذرات الكاربون بسلسلة مستمرة غير متفرعة

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$$

(n – Butane) ن – بيوتان

الاحتمال الثاني : ارتباط ذرات الكاربون بمجموعة متفرعة

$$\begin{array}{c} \quad CH_3 \\ \quad | \\ CH_3-CH-CH_3 \end{array}$$

(2–Methyl propane) 2 – مثيل بروبان

اما في التسمية القديمة فيسمى آيزوبيوتان Iso butane كما تم ذكره في اعلاه ونلاحظ انه توجد صيغتان تركيبيتان مختلفتان لصيغة جزيئية واحدة للبيوتان وان المركبين الموجودين في الطبيعة يختلفان في الخواص الفيزيائية والكيميائية لاختلاف الصيغة التركيبية

تمرين (5–4)
اكتب الصيغ التركيبية المتوقعة (المتجانسات) للالكان الذي صيغته الجزيئية C_6H_{14} مع ذكر الاسماء العامة او النظامية .

مثال 4–2 :

اكتب متجانسات الالكان C_5H_{12} وسمها حسب التسمية النظامية.

الحل :

المركب C_5H_{12} له ثلاث متجانسات

1) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

(n –Pentane) ن_بنتان

2)
$$\begin{array}{c} \quad CH_3 \\ \quad | \\ CH_3-CH-CH_2-CH_3 \end{array}$$

(2–Methyl butane) 2 – مثيل بيوتان

3)
$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-C-CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

(2,2 – Di methyl propane) 2، 2 – ثنائي مثيل بروبان

4-6-6 الخواص الفيزيائية للألكانات

1 – قابلية الذوبان : ان جزيئات الألكانات غير قطبية لا تذوب بالمذيبات القطبية كالماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية (غير القطبية) كالبنزين ورباعي كلوريد الكاربون

درجة الغليان °C	الصيغة التركيبية	الصيغة الجزيئية	الاسم
	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	$CH_{10}CH_{22}$	(الديكان)
150	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_9H_{20}	(النونان)
	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_8H_{18}	(الاوكتان)
100	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_7H_{16}	(الهبتان)
50	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_6H_{14}	(الهكسان)
	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_5H_{12}	(البنتان)
0	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	C_4H_{10}	(البيوتان)
-50	$CH_3CH_2CH_3$	C_3H_8	(البروبان)
-100	CH_3CH_3	C_2H_6	(الايثان)
-150	CH_4	CH_4	(الميثان)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

عدد ذرات الكاربون

الشكل(4–2) العلاقة بين درجة غليان الالكانات وعدد ذرات الكاربون فيها .

2 – درجة الغليان : تزداد درجة غليان الألكانات بأزدياد كتلتها المولية ونجد ان الميثان والأيثان والبروبان والبيوتان غازات في درجة حرارة الغرفة في حين ان البقية سوائل. وعندما تزداد كتلتها المولية اكثر فأكثر تزداد درجة الغليان اي عندما يصبح عدد ذرات الكاربون للجزيئة (18) ذرة فأكثر تصبح الألكانات مواد صلبة . ان هذا التأثير في درجة الغليان يعزى الى وجود قوى تجاذب فاندرفالز الضعيفة وهذه القوى تزداد مع صغر المسافة البينية بين الجزيئات ومع ازدياد الكتلة المولية للالكانات ذات السلسلة المستمرة تزداد المساحة السطحية للجزيئات التي تؤدي الى زيادة قوة التجاذب . ولنفس السبب تكون درجة غليان الألكان ذو السلسلة الكاربونية المستمرة (مثل البنتان المستمر) اعلى من نفس المركب ذو السلسلة الكاربونية المتفرعة مثل : (2 – مثيل بيوتان)

هل تعلم

تنوب (تمتزج) الالكانات في مذيبات غير قطبية كالزيوت والدهون. ولهذا السبب يكون من الخطر التعرض لابخرة الالكانات اذ انها تسبب تلف انسجة الرئة لانها تعمل على اذابة المواد الدهنية المكونة لاغشية الخلايا .

تمرين (4–6)

اي من المركبات التالية لها اعلى درجة غليان :

1) C_5H_{12}
2) CH_4
3) C_8H_{18}
4) C_2H_6

4-6-7 الخواص الكيميائية للألكانات :

أ) التفاعلية الكيميائية : الألكانات اقل تفاعلية من غيرها من المركبات العضوية لكونها مركبات مشبعة جميع اواصرها مفردة وقوية وتحتاج الى طاقة كبيرة لكسرها فهي لا تتفاعل في الظروف الاعتيادية مع الحوامض المركزة كحامض الكبريتيك وحامض النتريك ولا مع القواعد القوية كهيدروكسيد الصوديوم ولا مع العوامل المؤكسدة كبرمنكنات البوتاسيوم .

ب) الأحتراق Combustion : عند حرق الالكانات في الهواء حرقاً تاماً تعطي لهباً ازرقاً غير داخن وتتحول الى ثنائي اوكسيد الكاربون وبخار الماء ويتحرر مقدار كبير من الطاقة الشكل (3-4) وهذا هو السبب في استعمالها كوقود لوسائل النقل والمحركات في الصناعة ويمكن كتابة المعادلة العامة لاحتراق الالكانات كما يأتي :

$$C_nH_{2n+2} + (\frac{3n+1}{2})\ O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)\ H_2O + \text{طاقة حرارية}$$

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + \text{طاقة حرارية}$$

جـ) التفكك او التكسير الحراري Thermal Cracking:

تتحول الالكانات بتأثير الحرارة وبمعزل عن الهواء الى مركبات مشبعة وغير مشبعة وذلك بفصم السلسلة الكاربونية او بفقدان جزيئات الهيدروجين فمثلاً يتفكك البروبان ليعطي احتمالين مختلفين كما في المعادلة الاتية :

$$\underset{\text{بروبان}}{CH_3-CH_2-CH_3} \xrightarrow[\text{وبمعزل عن الهواء}]{\Delta} \begin{cases} \underset{\text{ميثان}}{CH_4} + \underset{\text{اثيلين}}{CH_2=CH_2} \\ \underset{\text{بروبين}}{CH_3-CH=CH_2} + \underset{\text{هيدروجين}}{H_2} \end{cases}$$

تعتبر هذه التفاعلات من الخطوات المهمة في عملية تصفية النفط وفصله الى مكوناته النافعة كوقود الطائرات والسيارات والمحركات الاخرى .

ان هذا التفاعل هو في الحقيقة مجموعة من الخطوات الفرضية والفعلية التي تتكون بها مركبات وسطية تؤدي في النهاية الى المركب النهائي . ولمعرفة الخطوات الحقيقية للعملية لابد ان نلجأ الى ما يسمى بميكانيكية التفاعل وهي :

هل تعلم

ان استخدام الوقود كمصدر رئيسي للطاقة ادى الى زيادة نسبة ثنائي اوكسيد الكاربون في طبقات الجو العليا مما ادى الى حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري وهي ظاهرة تؤدي الى حدوث تغييرات مناخية يترتب عليها تغيرات في تركيبة الانواع الحيوانيه والنباتية بالاضافة الى الاثار الصحيه السلبية على الانسان.



الشكل(3-4) احتراق الالكانات في الهواء ينتج غاز CO_2 وبخار الماء H_2O .

الاحتمال الاول : حصول انشطار متجانس وتكوين مايسمى بالجذور الحرة ، ثم يعاني الجذر الاكبر عادة انشطار متجانس من ذرة الكاربون المجاورة للتي عانت الانشطار الاول ، وانتقال ذرة H الى الجذر الاخر وتكوين اصرة مزدوجة في الجذر الاكبر وعلى الصورة الاتية :

تمرين (4-7)
اكتب نواتج التكسير الحراري لـ ن - بيوتان .

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}\cdot\,|\,\cdot\underset{H}{\overset{H}{C}}-H \longrightarrow CH_4 + CH_2{=}CH_2$$

بروبان   ميثان   اثيلين

الاحتمال الثاني : انشطار الاصرة (H–C) لتكوين جذر حر لـ H الذي يرتبط مع جذر حر اخر لـ H ليكونا جزيء H_2 اما الجزء المتبقي فهو جزيء البروبين .

$$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H \longrightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{}{C}}{}^{\cdot}-H + H^{\cdot} \longrightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{C}=\underset{H}{C}-H + H_2$$

بروبين   هيدروجين

د) تفاعلات التعويض (الأستبدال (Subtitution reactions) :

ونقصد به استبدال ذرة الهيدروجين في الألكان بذرة اخرى كالهالوجين (Br_2 , Cl_2) فمثلاً عند تفاعل الميثان مع الكلور بوجود ضوء الشمس وبالتحديد الاشعة فوق البنفسجية. ان هذا التفاعل لا يتوقف إلا بعد استبدال جميع ذرات الهيدروجين في الميثان بذرات كلور

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{ضوء الشمس}} CH_3{-}Cl + HCl$$

كلوريد المثيل

$$CH_3-Cl + Cl_2 \longrightarrow CH_2{-}Cl_2 + HCl$$

ثنائي كلورو ميثان

$$CH_2-Cl_2 + Cl_2 \longrightarrow CHCl_3 + HCl$$

كلورو فورم

$$CHCl_3 + Cl_2 \longrightarrow CCl_4 + HCl$$

رباعي كلوريد الكاربون

ان تفاعلات التعويض من التفاعلات الرئيسة والمميزة للالكانات. ويمكن ايقاف هذا التفاعل باضافة بعض المواد.

8-6-4 تحضير الألكانات في المختبر

توجد عدة طرق لتحضير الألكانات في المختبر نذكر منها :

1 - بتسخين ملح الصوديوم للحامض الكاربوكسيلي R– COONa مع هيدروكسيد الباريوم او هيدروكسيد الصوديوم حيث نحصل على الكان له عدد ذرات كاربون اقل من عدد ذرات كاربون الحامض الكاربوكسيلي بواحدة .

فمثلاً : عند تسخين خلات الصوديوم مع هيدروكسيد الصوديوم نحصل على غاز الميثان

$$CH_3{-}COONa + NaOH \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{الميثان}}{CH_4} + Na_2CO_3$$

ولو تم تسخين بروبانوات الصوديوم (CH_3CH_2COONa) مع هيدروكسيد الباريوم $Ba\,(OH)_2$ لتم الحصول على الايثان حسب التفاعل الاتي :

$$\underset{\text{بروبانوات الصوديوم}}{2CH_3CH_2COONa} + Ba\,(OH)_2 \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{ايثان}}{2CH_3CH_3} + BaCO_3 + Na_2CO_3$$

2 - يحضر الالكان بطريقة كاشف كرينيارد R MgX حيث ان كاشف كرينيارديحضر من معاملة هاليد الالكيل مع فلز المغنيسيوم في مذيب الايثر الجاف حسب المعادلة العامة الاتية :

$$\underset{\text{هاليد الالكيل}}{R - X} + Mg \xrightarrow{\text{ايثر جاف}} \underset{\text{كاشف كرينيارد}}{RMgX}$$

تمرين (8-4)
حضر غاز البيوتان من ملح الصوديوم للحامض الكاربوكسيلي

وكمثال يحضر كاشف كرينيارد من يوديد المثيل CH_3I حسب المعادلة الاتية :

$$\underset{\text{يوديد المثيل}}{CH_3 - I} + Mg \xrightarrow{\text{ايثر جاف}} \underset{\text{يوديد المغنيسيوم المثيلي}}{CH_3Mg\,I}$$

ويحضر الالكان من كاشف كرينيارد بطريقتين :

أ – اذا كان الالكان المطلوب يحتوي على نفس عدد ذرات الكاربون الموجودة في كاشف كرينيارد ، يحلل الكاشف مائياً لذا تسمى هذه الطريقة بالتحلل المائي لكاشف كرينيارد .

$$RMgX + H{-}OH \longrightarrow \underset{\text{الكان}}{R - H} + Mg(OH)X$$

وكمثال على التحلل المائي لكاشف كرينيارد تحضير غاز الميثان من كاشف كرينيارد وكما يأتي :

$$CH_3 - I + Mg \xrightarrow{\text{ايثر جاف}} CH_3MgI$$

$$CH_3MgI + H{-}OH \longrightarrow \underset{\text{غاز الميثان}}{CH_4} + Mg(OH)I$$

ب– تفاعل كاشف كرينيارد مع هاليد الكيل يعطي الكان يحتوي على عدد ذرات كاربون اكثر مما موجود في الكاشف بعدد ذرات الكاربون في هاليد الالكيل.

$$RMgX + R - X \longrightarrow \underset{\text{الكان}}{R - R} + MgX_2$$

$$CH_3MgI + CH_3 - I \longrightarrow \underset{\text{ايثان}}{CH_3 - CH_3} + MgI_2$$

تمرين (4–9)

من كلوريد الاثيل وما تحتاج إليه من مواد حضر.

أ) الايثان

ب) البروبان

مثال 4–3 :

من كلوريد الاثيل و 2 – كلوروبروبان وما تحتاج اليه من مواد حضر :

أ) ن – بيوتان ب) 2 – مثيل بيوتان

الحـــل :

أ) نحضر اولاً كاشف كرينيارد من كلوريد الاثيل

$$CH_3CH_2Cl + Mg \xrightarrow{\text{ايثر جاف}} CH_3CH_2MgCl$$

لزيادة عدد ذرات الكاربون والحصول على ن – بيوتان نحتاج الى هاليد الكيل عدد ذرات الكاربون فيه يساوي 2 .

$$CH_3CH_2MgCl + CH_3CH_2Cl \longrightarrow CH_3CH_2CH_2CH_3 + MgCl_2$$

ب) لتحضير 2 – مثيل بيوتان نحتاج الى المركب 2 – كلورو بروبان لزيادة عدد ذرات الكاربون في كاشف كرينيارد

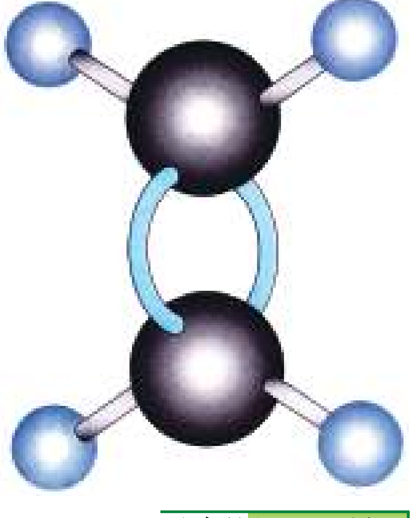
$$CH_3CH_2MgCl + \underset{\text{2 – كلوروبروبان}}{CH_3{-}\underset{|\atop CH_3}{CH}{-}Cl} \longrightarrow \underset{\text{2 – مثيل بيوتان}}{CH_3{-}\underset{|\atop CH_2CH_3}{CH}{-}CH_3} + MgCl_2$$

7 - 4 الالكينات Alkenes أو الاوليفينات Olefines

وهي هيدروكاربونات غير مشبعة تعتبر ثاني متسلسلة متشاكلة تحتوي افرادها على عدد اقل من ذرات الهيدروجين عند مقارنتها بالالكانات . ان كل فرد من هذه المتسلسلة يحتوي على آصرة مزدوجة (Double bond) ويعبر عنها بالقانون العام C_nH_{2n} أو بالصيغ العامة الآتية :

$$R-CH=CH-R` \quad \text{أو} \quad R-CH=CH_2$$

حيث $R = R`$ يعني الكين متناظر و $R \neq R`$ يعني الكين غير متناظر . وتدخل الالكينات تفاعلات الاضافة والاكسدة والاختزال والاحتراق ومن ابسط افراد هذه المتسلسلة هو الاثيلين .



شكل جزيئة الاثيلين

$$\begin{matrix} H & & H \\ & C::C & \\ H & & H \end{matrix} \quad \text{أو} \quad \begin{matrix} H & & H \\ & C=C & \\ H & & H \end{matrix}$$

ويمكن كتابته على الصورة $CH_2=CH_2$

تمرين (4–10)
جميع الصيغ الاتية تمثل جزيئات الكينات باستثناء واحد:-

1) C_4H_8
2) C_5H_{10}
3) C_7H_{16}
4) C_6H_{12}

4 - 7 - 1 التسمية العامة للالكينات :

تسمى الالكينات وفق القواعد الآتية :

1 – نختار اطول سلسلة كاربونية مستمرة شرط ان تحتوي على الاصرة المزدوجة.

2 – نبدأ بالترقيم من ذرة الكاربون الاقرب الى الآصرة المزدوجة ونعطيها اسم الالكان المقابل. ونستبدل المقطع الاخير (آن) (ane) من اسم الالكان بالمقطع (ين) (ene) .

3 – نعين موقع الآصرة المزدوجة بأختيار اصغر الرقمين الموجودين على الآصرة المزدوجة.

4 – نحدد مجاميع الالكيل او المجاميع الأخرى حسب ذرات الكاربون المرقمة.

ويبين الجدول (4–3) الاسماء النظامية والقديمة (الشائعة) لبعض الالكينات.

تمرين (4–11)
سمِّ مركبات الألكين الاتية وفق نظام التسمية العام :

1) $CH_3-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}=CH-CH_3$

2) $CH_3-CH_2-CH=CH_2$

الجدول 4-3 الاسماء الشائعة والنظامية لبعض الالكينات

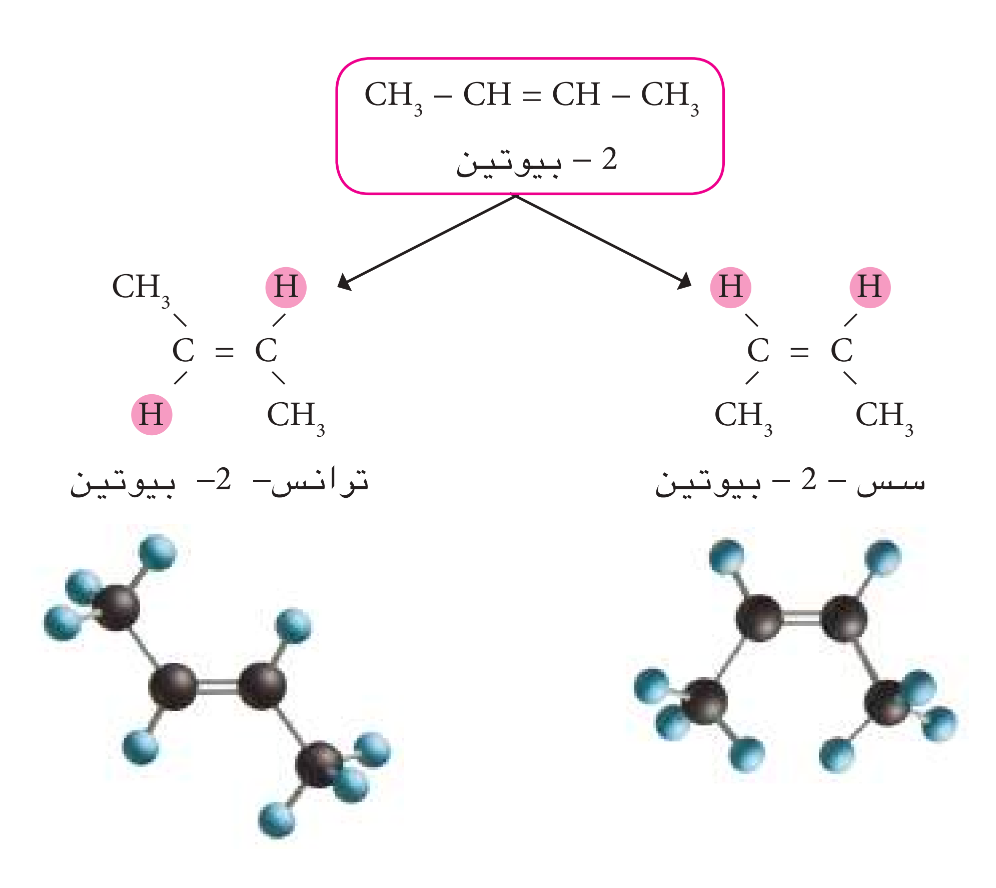
الاسم الشائع	الاسم النظامي	الصيغة التركيبية
اثيلين	ايثين	$CH_2 = CH_2$
بروبلين	بروبين	$CH_3 - CH = CH_2$
بيوتلين	1 - بيوتين	$CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$
	2 - بيوتين	$CH_3 - CH = CH - CH_3$
بنتلين	1 - بنتين	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH = CH_2$
	2 - بنتين	$CH_3 - CH_2 - CH = CH - CH_3$
	3 - مثيل - 1 - بيوتين	$CH_3 - \underset{\mid \atop CH_3}{CH} - CH = CH_2$
	2 - مثيل - 1 - بيوتين	$CH_3 - CH_2 - \overset{CH_3 \atop \mid}{C} = CH_2$

4 - 7 - 2 الجناس الهندسي (جناس التجاور والتقابل أو جناس سس و ترانس

ذكرنا سابقاً ان الجناس هو ظاهرة تماثل في الصيغة الجزيئية والاختلاف في الصيغة التركيبية والخواص الفيزيائية والكيميائية.يضاف الى ذلك وفي بعض الالكينات ظاهرة اخرى ناتجة عن صعوبة الدوران او البرم حول الاصرة المزدوجة بسبب اختلاف نوع وترتيب المجاميع حول كل من ذرتي كاربون الاصرة المزدوجة وهذه الظاهرة تمثل بالاشكال الهندسية (سس (cis)، وترانس (trans)). فمثلا الصيغ التركيبية المتوقعة في الصيغة الجزيئية C_4H_8 بما فيها المتجانسات الهندسية كالاتي:

(A)	(B)	(C)
$CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$	$CH_3 - CH = CH - CH_3$	$CH_3 - \overset{CH_3 \atop \mid}{C} = CH_2$
1 - بيوتين	2 - بيوتين	مثيل بروبين

ان الجناس 2 - بيوتين يعطي متجانسات هندسية وعلى الصورة الاتية :



ان الشرطين الاساسيين لجعل المركب يعطي جناساً هندسياً هما ان يكون موقع الاصرة المزدوجة وسطية لا طرفية وكذلك عدم وجود تفرع على ذرتي كاربون الاصرة المزدوجة، وهذا ما يحققه 2 – بيوتين .

تمرين (4–12)
اكتب متجانسات الالكين C_5H_{10} وحدد ايهما يعطي متجانسات هندسية .

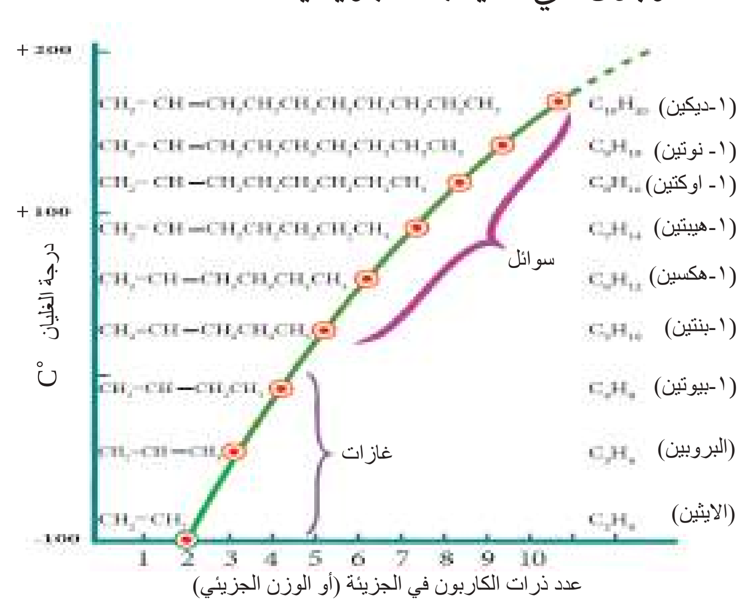
4 – 7 – 3 الخواص الفيزيائية للألكينات

1 – الأفراد الثلاث الأولى منها غازات والبقية سوائل.

2 – تزداد درجة غليانها بزيادة الكتلة المولية لها .

3 – لا تذوب في الماء لكنها تذوب في المذيبات العضوية .

ويبين الشكل (4 – 7) العلاقة بين درجات غليان الالكينات وعدد ذرات الكاربون في صيغها الجزيئية .



الشكل(4–4) العلاقة بين درجات غليان الالكينات وعدد ذرات الكاربون في صيغتها الجزيئية.

4 - 7 - 4 الكواشف الباحثة عن :

1 – الالكترونات (الكتروفيل Electrophile)

2 – النواة (النيوكلوفيل Neucleophile)

تدعى الدقائق (ذرات، أو جزيئات أو آيونات) التي تستطيع استيعاب زوج واحد من الالكترونات اي انها تمتلك اوربيتال فارغ بالكواشف الباحثة عن الالكترونات وتسمى الكتروفيل (Electrophile) أو (حوامض لويس) أما الدقائق (ذرات أو جزيئات أو آيونات) التي تستطيع هبة زوج من الالكترونات والمشاركة فيها فتعرف بالكواشف الباحثة عن النواة وتسمى نيوكلوفيل (Neucleophile) أو (قواعد لويس) والجدول 4 – 4 يبين أمثلة عن النوعين من الكواشف.

الجدول4–4 امثلة عن الكواشف الباحثة عن الالكترونات والباحثة عن النواة

كواشف باحثة عن الالكترونات (الكتروفيل) (حوامض لويس)	كواشف باحثة عن النواة (نيوكلوفيل) (قواعد لويس)
ايون الهيدروجين الموجب H^+	آيون الهيدريد السالب H^- :
ايون كاربونيوم $-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}{}^+$	آيون الهاليد X^- (F^-, I^-, Cl^-, Br^-)
فلوريد البورون BF_3	آيون الهيدروكسيد OH^-
مجموعة الكاربونيل المستقطبة $-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-$	آيون الكاربانيون السالب $-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}{}^-$
كلوريد الالمنيوم $AlCl_3$	الآصرة المزدوجة $-\overset{\vert}{C}=\overset{\vert}{C}-$
	الآصرة الثلاثية $-C\equiv C-$
	الامونيا NH_3 :

استقرارية آيون الكاربونيوم الموجب :

ان آيون الكاربونيوم الموجب يكون أكثر استقراراً كلما ازدادت عدد المجاميع الدافعة للالكترونات المرتبطة بذرة الكاربون الموجبة. حيث يعتبر آيون الكاربونيوم الثالثي اكثر الانواع استقراراً.

$$\underset{\text{الثالثي}}{R\rightarrow \overset{R\downarrow}{\underset{R\uparrow}{C^+}}} > \underset{\text{الثانوي}}{R\rightarrow \overset{R\downarrow}{\underset{H}{C^+}}} > \underset{\text{الاولي}}{R\rightarrow \overset{H}{\underset{H}{C^+}}} > \underset{\text{أيون الكاربونيوم}}{H-\overset{H}{\underset{H}{C^+}}}$$

اكثر استقرارا ... اقل استقراراً

4 - 7 - 5 الخواص الكيميائية للالكينات

الخواص الكيميائية للالكينات هي خواص الآصرة المزدوجة (المجموعة الفعالة التي تعزى اليها التفاعلات الكيميائية للالكينات) وتميل الالكينات لأشباع الآصرة المزدوجة للوصول الى حالة اكثر استقراراً وهي حالة المركب المشبع (الالكان) ذو الآصرة التساهمية المفردة. وتحصل حالة الاشباع باضافة ذرتين او مجموعتين الى ذرتي كاربون الآصرة المزدوجة لذلك هناك تفاعلات الاضافة وتفاعلات الاكسدة والاحتراق تدخل الالكينات التفاعلات الاتية :

أ – تفاعلات الاضافة : قبل التطرق الى تفاعلات الاضافة يجب معرفة قاعدة ماركوفنيكوف (Markovnikovs rule) ووفق هذه القاعدة يضاف الايون الموجب اولاً الى ذرة الكاربون المرتبطة بالآصرة المزدوجة والحاوية على اكبر عدد من ذرات الهيدروجين لتكون آيون كاربونيوم اكثر استقراراً ثم يضاف الآيون السالب الى ذرة الكاربون الاخرى.

$$R-CH=CH_2 + AB \longrightarrow R-\underset{B}{\underset{|}{C}}H-\underset{A}{\underset{|}{C}}H_2$$

ذرة كاربون تحتوي على اقل عدد من ذرات الهيدروجين

ذرة كاربون تحتوي على اكبر عدد من ذرات الهيدروجين

مكانيكية التفاعل

$$R-CH=CH_2 \xrightarrow{A^+} R-\overset{+}{C}H-\underset{A}{\underset{|}{C}}H_2 \xrightarrow{B^-} R-\underset{B}{\underset{|}{C}}H-\underset{A}{\underset{|}{C}}H_2$$

آيون الكاربونيوم

ومن تفاعلات الاضافة الانواع الاتية :

1 – اضافة جزيء الهيدروجين (الهدرجة) (Hydrogenation)

تتشبع الالكينات بتفاعلاتها مع الهيدروجين بوجود عامل مساعد كالبلاتين أوالبلاديوم والنيكل وبوجود الحرارة والضغط وحسب التفاعل الاتي :

$$\underset{\text{اثيلين}}{CH_2=CH_2} + H_2 \xrightarrow[\text{مذيب مناسب}]{Pt} \underset{\text{ايثان}}{CH_3-CH_3}$$

وهي طريقة صناعية لتحضير الالكانات وهدرجة الزيوت النباتية .

وميكانيكية تفاعل اضافة الهيدروجين للالكين تكون بتأثير البلاتين فتنشطر جزيئة الهيدروجين الى آيون الهيدروجين الموجب وآيون الهيدريد السالب حيث يضاف آيون الهيدروجين الموجب اولاً مكوناً آيون الكاربونيوم ثم يضاف ايون الهيدريد السالب كما موضح كالاتي :

$$H_2 \xrightarrow{Pt} H^+ + H^-$$

$$CH_3-CH=CH_2 \xrightarrow{H^+} CH_3-\overset{+}{C}H-CH_3 \xrightarrow{H^-} CH_3-CH_2-CH_3$$

بروبين   ايون الكاربونيوم   بروبان

2 – اضافة الهالوجينات (الهلجنة) Halogenation

عند اضافة محلول البروم في رابع كلوريد الكاربون (احمر اللون) الى الآصرة المزدوجة نلاحظ اختفاء اللون الاحمر دلالة على تفاعل البروم مع الآصرة المزدوجة وتكوين مركب ثنائي الهاليد وتعتبر هذه العملية طريقة للكشف عن الآصرة المزدوجة. او للتمييز بين الالكان والالكين .

$$CH_2=CH_2 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} Br-CH_2-CH_2-Br$$

اثيلين (عديم اللون)   بروم (احمر اللون)   2،1 – ثنائي برومو ايثان (عديم اللون)

3 – اضافة هاليد الهيدروجين HX (HCl أو HBr)

وتكون الاضافة حسب المعادلة الاتية :

$$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=CH_2 + HBr \xrightarrow{Br^-} CH_3-\overset{\overset{Br}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CH_3$$

2 – مثيل – 1 – بروبين   2 – برومو – 2 – مثيل بروبان

تمرين (4–13)
ان تفاعل بروميد الهيدروجين مع البروبين يعطي 2 – برومو بروبان وليس 1 – برومو بروبان، علل سبب ذلك .

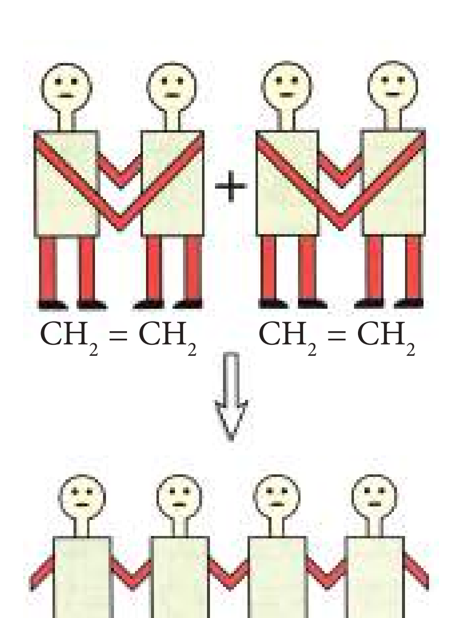
4 – اضافة حامض الكبريتيك المركز الى الالكين ثم التحلل المائي للناتج

عند امرار احد الالكينات مثل غاز الاثيلين في حامض الكبريتيك المركز وتحلل الناتج مائياً يتكون الكحول المقابل (كحول الاثيل) وحسب معادلة التفاعل المبسطة الاتية :

$$CH_2 = CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3 - CH_2 - OH$$

كحول الاثيل

يستعمل هذا التفاعل في الصناعة النفطية لفصل الالكينات عن الالكانات وبعد عملية التكسير الحراري وتعتبر طريقة تجارية لتحضير الكحولات حيث أن المركب الوسطي (كبريتات الاثيل الهيدروجينية) يتحلل مائياً ليعطي كحول وحامض الكبريتيك المخفف .





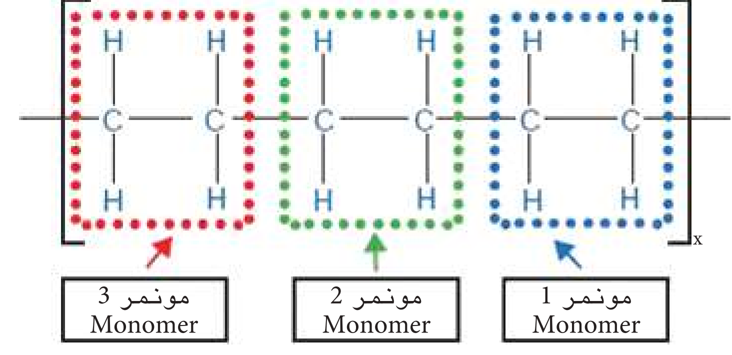
بلمرة الاثيلين

5 – البلمرة Polymerization

وهو نوع من تفاعلات الاضافة للالكينات حيث تتضاعف جزيئات الالكين المنفردة والتي تدعى مونمر (Monomer) بالاتحاد مع بعضها بوجود عامل مساعد مناسب (مثل حامض الكبريتيك) لتكوين جزيء واحد مشبع ذا كتلة مولية كبيرة تدعى بوليمر (Polymer) حيث تنتج مادة بلاستيكية فمثلاً ينتج من تفاعل جزيئات الاثيلين مادة بولي اثيلين .

$$n\,(CH_2 = CH_2) \xrightarrow{H_2SO_4} [-CH_2-CH_2(CH_2-CH_2)_nCH_2-CH_2-]_x$$

بولي اثيلين



هل تعلم

لتفاعل البلمرة اهمية صناعية كبيرة وخاصة الصناعات البلاستيكية كما هو الحال في تحضير المطاط الصناعي والكثير من البوليمرات .

ب – الاحتراق: تحترق الالكينات في الهواء بلهب داخن (لان نسبة الكاربون في الالكين اكبر مما في الالكان) مكونه CO_2 وبخار الماء ومحررة طاقة .

$$CH_2 = CH_2 + 3O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 2H_2O + \text{طاقة}$$

جـ– الاكسدة: عند مزج محلول مائي مخفف(بارد) لبرمنكنات البوتاسيوم $KMnO_4$ (بنفسجي اللون) مع الالكينات يختفي اللون البنفسجي بسرعة نتيجة لأكسدة الآصرة المزدوجة جزئياً من قبل العامل المؤكسد القوي (برمنكنات البوتاسيوم) الى مشتق ثنائي الهيدروكسيل الذي يعرف بـ (الكلايكول) ويظهر راسب بني هو ثنائي أوكسيد المنغنيز.

$$3CH_2 = CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow 3\underset{OH}{CH_2} - \underset{OH}{CH_2} + 2KOH + 2MnO_2$$

محلول بنفسجي

راسب بني غامق

اثيلين كلايكول

اما اذا استعمل محلول برمنكنات البوتاسيوم المركز الساخن فيتأكسد الاثيلين بشكل تام كما في المعادلة الاتية :

$$CH_2 = CH_2 + 4KMnO_4 \longrightarrow 2CO_2 + 4KOH + 4MnO_2$$

تستخدم هذه الطريقة للتمييز بين الالكانات والالكينات اضافةً لطريقة تفاعل اضافة البروم المذكورة في الفقرة 2 .

تمرين (4–14)

وضح بمعادلات كيميائية كيف يمكنك تمييز المركب 2 – مثيل بروبين عن المركب بيوتان باستخدام محلول البروم المذاب في CCl_4 .

4 - 7 - 6 تحضير الالكينات في المختبر

1 – سحب جزيئة ماء من الكحول :

يتم ذلك باستعمال عوامل مساعدة مختلفة نذكر منها حامض الكبريتيك المركز فعند مزج الحامض مع الكحول وتسخينهما الى درجة حـــــرارة 165 °C يتحرر الاولفين (الاثيلين) .

$$\underset{\text{كحول الاثيل}}{CH_3 - CH_2 - O{-}H} \xrightarrow[165\,^{\circ}C]{H_2SO_4} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

لابد ان نشير الى ان ذرة الهيدروجين تحذف من على ذرة الكاربون المجاورة لذرة الكاربون الحاوية على OH . وستتعرف على ميكانيكية هذا التفاعل بالتفصيل في المراحل القادمة .

مثال 4–4 :

حضر البروبين من كحول مناسب وما تحتاج اليه .

الحـــــل :

بما اننا نريد تحضير البروبين $CH_3CH{=}CH_2$ فلا بد ان نختار كحول يحتوي على ثلاث ذرات كاربون وفي هذه الحالة نختار كحول البروبيل $CH_3CH_2CH_2OH$. ويجري التفاعل وفق المعادلة الاتية :

$$\underset{\text{كحول البروبيل}}{CH_3CH_2CH_2OH} \xrightarrow[165\,^{\circ}C]{H_2SO_4} CH_3CH{=}CH_2 + H_2O$$

تمرين (4–15)

حضر 1– بيوتين من كحول مناسب وماتحتاج اليه .

2 – سحب جزيئة HX من هاليد الألكيل :

يحضر الالكين من تسخين هاليد الالكيل R – X مع قاعدة قوية مثل هيدروكسيد البوتاسيوم KOH المذاب في كحول (حيث يستعمل الكحول كعامل مساعد) يتحرر الاولفين بسهولة.

$$\underset{\text{2 – كلورو بروبان}}{CH_3-\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}-CH_3} + KOH \xrightarrow[\Delta]{\text{كحولي}} \underset{\text{بروبين}}{CH_3-CH=CH_2} + KCl + H_2O$$

ميكانيكية التفاعل :

$$\overset{-}{O}H \quad H-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-\underset{\underset{Cl}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-\underset{\underset{H}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-H \quad K^+ \longrightarrow \underset{\text{بروبين}}{CH_2=CH-CH_3} + KCl + H_2O$$

لاحظ هنا ايضاً ان نرة الهيدروجين حذفت من نرة الكاربون المجاورة لذرة الكاربون الحاملة للهاليد (الكلوريد) .

تمرين (4–16)
حضر 1– بيوتين من هاليدالكيل مناسب وماتحتاج اليه .

4 - 8 الالكاينات (الاستيلينات) Alkynes



قناني غاز الاستيلين

وهي المتسلسلة المتشاكلة الثالثة من الهيدروكاربونات قانونها العام C_nH_{2n-2} والصيغة العامة R – C ≡ C – H أو R – C ≡ C – R وتتميز بأحتوائها على الآصرة الثلاثية (– C ≡ C –) واول افرادها هو الاستيلين (H – C ≡ C – H) ومنه جاء اسمها بالاستيلينات حيث تكون الازواج الالكترونية الثلاثة بين نرتي الكاربون الآصرة الثلاثية للاستيلينات. والاستيلينات كالاوليفينات تعاني تفاعلات اضافة. والظاهر ان هناك فرقاً بين الآصرة الثلاثية والمزدوجة في فعاليتها تجاه الكواشف الباحثة عن الالكترونات ولذلك يلزم في الغالب استعمال العوامل المساعدة في تفاعلات الاضافة للاستيلينات اضف الى ذلك ان نرة الهيدروجين المرتبطة بذرة كاربون الآصرة الثلاثية اكثر فعالية من تلك المرتبطة بذرة كاربون الآصرة المزدوجة فهي قابلة للاحلال بفلز وتعتبر نرة هيدروجين حامضية.

4 - 8 - 1 نظام التسمية العام للالكاينات

قواعد التسمية :

1 – تنتخب اطول سلسلة مستمرة من ذرات الكاربون التي تضم ذرتي كاربون الآصرة الثلاثية , ثم نرقم ذرات كاربون السلسلة من الطرف الذي يعطي ذرتي كاربون الآصرة الثلاثية اصغر الارقام. ويعطى اسم الالكان المقابل ويستبدل المقطع(آن) (ane) من اسم الكان بالمقطع (آين)(yne) الدال على وجود آصرة الثلاثية. ويعين موقع الاصرة الثلاثية بأختيار اصغر الرقمين.

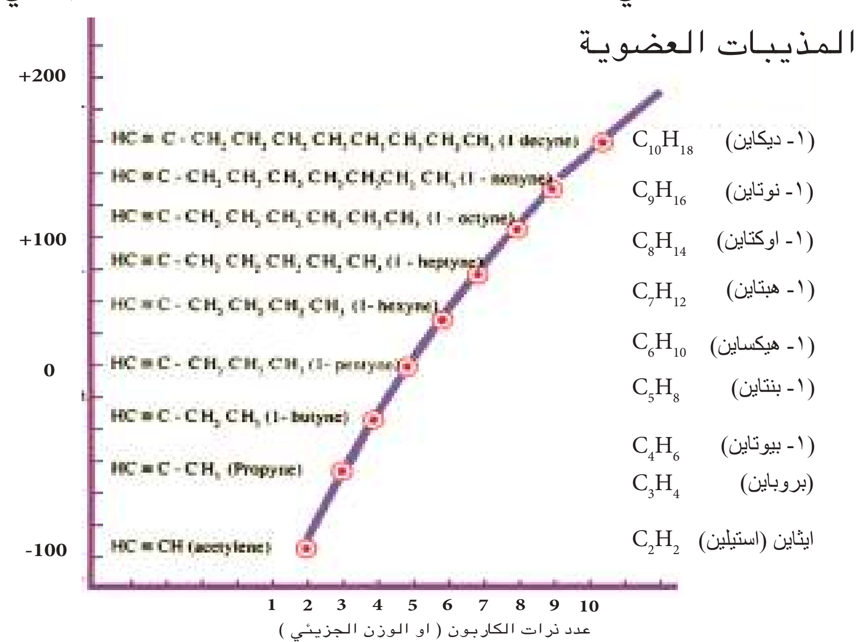
2 – تعطى الفروع الجانبية اسمائها وتعين مواقعها بارقام ذرات الكاربون التي تحملها السلسلة. والامثلة التالية توضح تسمية بعض الالكاينات.

$H-C\equiv C-H$	ايثاين
$CH_3-C\equiv C-H$	بروباين
$CH_3-CH_2-C\equiv C-H$	1 – بيوتاين
$CH_3-C\equiv C-CH_3$	2 – بيوتاين
$CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}}}-C\equiv C-H$	3 ، 3 – ثنائي مثيل – 1 – بيوتاين

4 - 8 - 2 الخواص الفيزيائية للالكاينات

1 – تزداد درجة غليانها بزيادة الكتلة المولية، والافراد الاربعة الاولى غازات والبقية سوائل.

2 – قليلة الذوبان في الماء والمذيبات القطبية ولكنها تذوب في المذيبات العضوية



الشكل(4–5) العلاقة بين درجات غليان الالكاينات وعدد ذرات الكاربون فيها

4 - 8 - 3 الخواص الكيميائية للالكاينات

تحتوي الالكاينات ذات الصيغة التركيبية $(R-C\equiv C-H)$ على مجموعتين فعالتين هما :

1 – المجموعة الفعالة الاولى وهي الاصرة الثلاثية

2 – المجموعة الفعالة المتمثلة بالهيدروجين الحامضي الضعيف والقابل للاستبدال لتكوين استيليد مثل استيليد الصوديوم.

أ – تفاعلات الاضافة Addition Reactions

ان وجود الاصرة الثلاثية غير المشبعة في الالكاينات يجعلها تسلك سلوكاً كيميائياً مشابهاً للالكينات (الاولفينات) حيث انها تحاول اشباع هذه الاصرة جزئياً او كلياً. ومن تفاعلات الاضافة.

1 – الهدرجة (اضافة الهيدروجين)

من الممكن اشباع الاصرة الثلاثية في الالكاينات بمفاعلتها مع غاز الهيدروجين بوجود النيكل او البلاتين كعامل مساعد على مرحلتين ففي المرحلة الاولى يتكون الالكين (الاولفين) وفي المرحلة الثانية يتحول الالكين الى الالكان.

$$CH_3-C\equiv C-H \xrightarrow[H_2]{Ni} CH_3-CH=CH_2 \xrightarrow[H_2]{Ni} CH_3-CH_2-CH_3$$

بروباين   بروبين   بروبان

2 – اضافة جزيء هاليد الهيدروجين

ان اضافة الحوامض مثل اضافة هاليدات الهيدروجين(HX) مشابه لما مر سابقاً في تفاعلات الاضافة للالكينات ولكن على مرحلتين ويتكون مركب مثل تكوين ثنائي الهاليد(2،2 – ثنائي بروموبروبان).

$$CH_3-C\equiv C-H + HBr \longrightarrow CH_3-\underset{}{\overset{Br}{\overset{|}{C}}}=CH_2 \xrightarrow{HBr} CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{\overset{\overset{Br}{|}}{C}}-CH_3$$

2 – برومو بروبين   2،2 –ثنائي بروموبروبان

3 – اضافة الهالوجين (الهلجنة) $(Br_2\ ,\ Cl_2)$

من السهولة اضافة جزيئة هالوجين للاصرة الثلاثية وتكوين الكين (اولفين) مهلجن اولاً، وباضافة جزيئة اخرى من الهالوجين يتم اشباع الاصرة المزدوجة للالكين المهلجن .

$$CH_3-C\equiv C-H + Br_2 \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{Br}{|}}{C}=\overset{\overset{Br}{|}}{C}-H \xrightarrow{Br_2} CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{\overset{\overset{Br}{|}}{C}}-\underset{\underset{Br}{|}}{\overset{\overset{Br}{|}}{C}}-H$$

بروباين   1،2 – ثنائي برومو بروبين   1،1، 2،2 – رباعي برومو بروبان

ب – تفاعلات الازاحة وتكوين الاستيليدات

وهي تفاعلات ذرة الهيدروجين الحامضية المتصلة بذرة كاربون الآصرة الثلاثية والاستليد هو ملح مشتق من فلز فعال مثل الصوديوم والكاين واثناء تحلله المائي يحرر الالكاين الاصلي:

$$H-C\equiv C-H + Na \longrightarrow H-C\equiv \bar{C}\ Na^{+} + \frac{1}{2}H_2$$

استليد الصوديوم

$$H-C\equiv C-H + 2Na \longrightarrow Na^{+}\bar{C}\equiv \bar{C}\ Na^{+} + H_2$$

استليد ثنائي الصوديوم

4 - 8 - 4 التمييز بين الكاين حامضي والكاين غير حامضي

يمكن التمييز بين الكاين حامضي والكاين غير حامضي وبالتحديد بين 1 – بيوتاين و 2 – بيوتاين بأستخدام كاشف تولن وهو هيدروكسيد الفضة الامونياكي $[Ag(NH_3)_2\ OH]$ حيث يتفاعل كاشف تولن مع 1 – بيوتاين ويعطي راسب ابيض من استليد الفضة في حين لا يتفاعل مع 2 – بيوتاين لانه لا يحتوي على ذرة هيدروجين حامضية فعالة .

$$CH_3-CH_2-C\equiv C-H + Ag(NH_3)_2\ OH \longrightarrow CH_3-CH_2C\equiv C^{-}Ag^{+}\downarrow + 2NH_3 + H_2O$$

1 – بيوتاين   كاشف تولن   راسب ابيض

$$CH_3-C\equiv C-CH_3 + Ag(NH_3)_2\ OH \longrightarrow N.\ R$$

2 – بيوتاين   لا تفاعل

4 - 8 - 5 تحضير الالكاينات

أ – تحضير غاز الاستيلين صناعيا ومختبرياً

1 – من التحلل المائي لكاربيد الكالسيوم كما موضح في المعادلة الاتية :

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow H-C\equiv C-H + Ca(OH)_2$$

كاربيد الكالسيوم   غاز الاستيلين (الايثاين)

2 – يحضر غاز الاستيلين بالتسخين الشديد لغاز الميثان بمعزل عن الهواء كما في المعادلة:

$$2CH_4 \xrightarrow{1500°C} H-C\equiv C-H + 3H_2$$

تمرين (4–17)

في التفاعل الاتي

$CH_3C\equiv CH + 2HBr \longrightarrow$

يكون الناتج هو احد المركبات الاتية:

أ) $CH_3CBr_2CH_3$

ب) $CH_3CHBrCH_2Br$

جـ) $CH_3CH_2CHBr_2$

د) $BrCH_2CH_2CH_2Br$

ب – تحضير (الالكاينات) ذات الكتلة المولية العالية

تحضر الاستيلينات من غاز الاستيلين نفسه بعد تحويله الى استيليد الصوديوم ثم بتفاعل استيليد الصوديوم مع هاليد الالكيل المناسب. وكمثال على ذلك تحضير 1 – بيوتاين و 2 – بيوتاين من غاز الاستيلين .

$$CH\equiv CH + Na \longrightarrow CH\equiv C^- Na^+ + \frac{1}{2}H_2$$

استيلين ← استيليد الصوديوم

$$CH\equiv C^- Na^+ + I-CH_2-CH_3 \longrightarrow CH\equiv C-CH_2-CH_3 + NaI$$

يوديد الاثيل ← 1 – بيوتاين

$$H-C\equiv C-H + 2Na \longrightarrow Na^+ C^-\equiv C^- Na^+ + H_2$$

استيلين

$$Na^+ C^-\equiv C^- Na^+ + 2CH_3-I \longrightarrow CH_3-C\equiv C-CH_3 + 2NaI$$

2 – بيوتاين

مثال 4–5 :

حضر 2– بنتاين من بروباين ويوديد الاثيل .

الحـــل :

نفاعل البروبين مع الصوديوم لتحضير بروبيد الصوديوم

$$CH_3C\equiv CH + Na \longrightarrow CH_3C\equiv C^- Na^+ + \frac{1}{2}H_2$$

وبمفاعلة بروباينيد الصوديوم مع يوديد الاثيل نحصل على 2– بنتاين وحسب التفاعل الاتي :

$$CH_3C\equiv C^- Na^+ + I-CH_2-CH_3 \longrightarrow CH_3C\equiv C-CH_2-CH_3 + NaI$$

1.4 ما هي اهم صفات المركبات العضوية وبماذا تختلف عن المركبات غير العضوية؟

2.4 ماذا نقصد بالهيدروكاربونات وكيف تصنف؟

3.4 ما هي الصفة الفريدة لذرة الكاربون؟

4.4 ماذا نعني بالمتسلسلة المتشاكلة وما هي فوائدها؟

5.4 ما المقصود بـ

أ - الجناس.

ب - الصيغة التركيبية.

6.4 اعط الاسماء النظامية لكل من الصيغ التركيبية الاتية :

أ) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_3$ ب) $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$

جـ) $CH_3-CH=CH_2$ د) $CH_3-CH=CH-CH_3$

هـ) $CH_3-C\equiv C-H$ و) $CH_3-C\equiv C-CH_3$

7.4 ما هي الاسماء الشائعة أو القديمة لكل مما يأتي:

أ) $CH_2=CH_2$ ب) $CH_3-C(CH_3)=CH_2$

جـ) $H-C\equiv C-H$ د) $CH_3-CH_2-CH_3$

8.4 اكتب الصيغ التركيبية لكل من الاسماء الاتية:

أ) 2 – مثيل – 2 – بيوتين

ب) 2 – مثيل – 1 – بنتين

جـ) 2،2 – ثنائي مثيل بروبان

9.4 ما هي الصيغ التركيبية للالكانات (البارافينات) ذات الصيغة الجزيئية C_5H_{12}؟

10.4 ما هي الالكينات الممكنة ذات الكتلة المولية 70 g/mol علما ان الكتل الذرية

C = 12 , H = 1

11.4 اكمل الفراغات الاتية بما يناسبها:

1 – القانون العام للالكانات .... والالكينات .... والالكاينات............

2 – الصيغة العامة للالكانات .... والالكينات .... والالكاينات............

3 – المجموعة العاملة أو الفعالة في الالكينات .... والالكاينات .... و ....

12.4 علل ما يأتي:

أ) لماذا نضطر احياناً الى كتابة الصيغة التركيبية.

ب) لا توجد ذرة هيدروجين رابعية ولا ذرة كاربون خامسية.

جـ) تزداد درجة غليان الالكان بزيادة الكتلة المولية.

د) الالكانات لا تذوب في الماء.

هـ) الالكانات مركبات غير فعالة.

و) عند اضافة HBr الى البروبين يتكون 2 – برومو بروبان وليس 1 – برومو بروبان

ز) عملية اضافة حامض الكبريتيك المركز الى الالكين ثم التحلل المائي للناتج مهمة تجارياً ومهمة صناعياً.

ح) يتفاعل كاشف تولن مع 1 – بيوتاين ولا يتفاعل مع 2 – بيوتاين.

13.4 كيف يمكنك اختيار طريقة تحضير واحدة لكل مما يأتي:

البروبان ، البروبين ، البروباين .

14.4 ابتداء من كلوريد الاثيل وما تحتاج اليه كيف يمكنك تحضير :

أ – الايثان

ب – الاثيلين

وكيف تميز بينهما عمليا في المختبر.

15.4 ابتداء من كاربيد الكالسيوم وما تحتاج اليه كيف يمكنك تحضير :

أ) البروباين

ب) 2 – بيوتاين

وكيف تميز بينهما عمليا.

16.4 عبر عن التفاعلات الاتية بصيغ تركيبية:

1 – اضافة بروميد الهيدروجين الى البروبين

2 – سحب HCl من كلوريد الاثيل بواسطة KOH الكحولي مع التسخين .

3 – سحب الماء من كحول الاثيل بواسطة حامض الكبريتيك المركز مع التسخين الى 165°C.

4 – اكسدة الاثيلين بواسطة برمنكنات البوتاسيوم المركز الساخن.

5 – تفاعل استيليد الصوديوم مع 2 كلورو بروبان .

17.4 اختر الجواب الصحيح لكل مما يأتي:

1 – الالكانات :

أ) دائماً غازات.

ب) تذوب في الماء.

جـ) تحتوي على اواصر تساهمية مفردة.

2 – اي الجزيئات الاتية ينطبق عليها القانون العام للالكاينات:

أ) C_3H_8.

ب) C_3H_6.

جـ) C_3H_4.

3 – اي الكواشف الاتية تستخدم للتمييز بين غاز الاثيلين والايثان:

أ) ماء البروم الاحمر.

ب) ماء الجير.

جـ) محلول نترات الفضة.

18.4 اي من الجزيئات الاتية الكان ؟

أ) $C_{15}H_{32}$.

ب) $C_{20}H_{38}$.

جـ) C_9H_{20}.

19.4 ما الصيغة الجزيئية لألكين يتكون من 4 ذرات كاربون ؟

20.4 ان عدد الاواصر التساهمية في الصيغة الجزيئية للاستيلين $(H-C\equiv C-H)$ يساوي:

أ) 3

ب) 2

جـ) 5

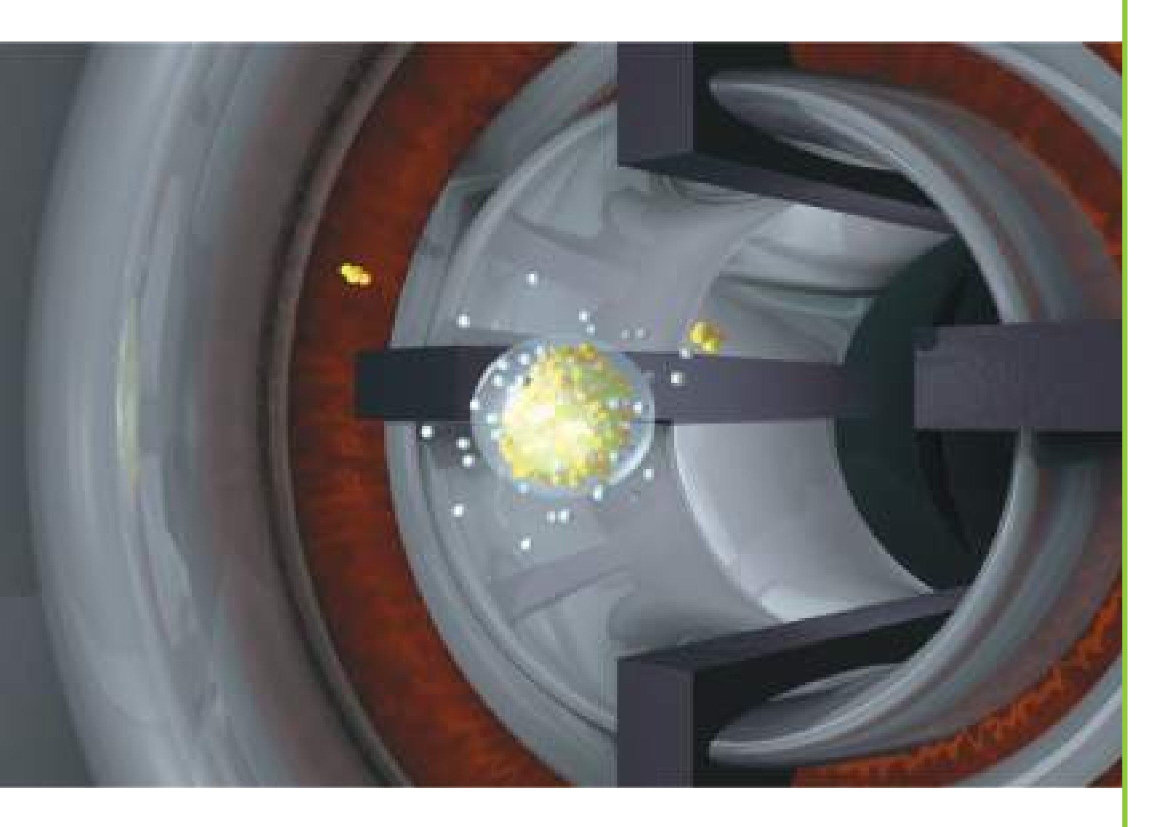
21.4 اكتب معادلة تمثل تفاعل إضافة تامة للهيدروجين الى 2 – بيوتاين بوجود العامل المساعد ؟

الفصل الخامس



5

الكيمياء النووية
Nuclear Chemistry



بعد الانتهاء من دراسة هذا الفصل يكون الطالب قادراً على ان : -

- **يعرف النوية واهميتها في التفاعلات النووية .**
- **يعرف النظائر وانواعها والافادة منها في مجال الطب والعلوم والاثار .**
- **يشرح كيفية تحديد عمر النصف للنظائر وعلاقته بالنظير ^{14}C .**
- **يعرف النشاط الاشعاعي ويعدد انواعه .**
- **يستطيع كتابة المعادلة النووية وكيفية موازنتها .**
- **يميز بين الانشطار النووي والاندماج النووي وفائدة كل منهما.**
- **يقدر خطورة الاشعاعات المؤينة وتاثيراتها على الاجسام الحية وكيفية الوقاية منها.**

1-5 مقدمة

توصل العلماء الى ان الكون الذي نعيش فيه تكون نتيجة ما يسمى بالانفجار العظيم (Big Bang) وكانت درجة الحرارة فيه تقدر ببلايين عديدة من الدرجات السليليزية ونتج عن هذا الحدث كمية كبيرة من الطاقة يصعب تقديرها، واعداد هائلة من الجسيمات الدقيقة (البروتونات والنيوترونات والالكترونات) والتي تكونت منها العناصر المختلفة. كانت المادة تأخذ شكل البلازما (وهوما يمثل الحالة الرابعة للمادة) وهي بحر من النوى الموجبة والالكترونات السالبة .


الانفجار العظيم

2-5 النواة Nucleus

عند دراسة العلماء للعناصر المختلفة وجدوا انها تتكون من جسيمات صغيرة تدعى الذرات (Atoms) وهذه بدورها تتألف من جسيمات اساسية تتمثل بالنواة (Nucleus) وهي المحور الذي تدور حوله الكيمياء النووية. وهذا الجسيم المتناهي بالصغر(النواة) تتمركز فيه معظم كتلة الذرة والتي تكون اكبر بكثير من كتلة الالكترونات (Electrons) وهي جسيمات صغيرة تدور حول النواة بسرعة كبيرة وتحمل شحنة سالبة(e^-). وفي الذرة يكون عدد الشحنات الموجبة مساويا لعدد الشحنات السالبة لذلك تكون متعادلة كهربائياً. ان سبب الشحنة الموجبة للنواة هو وجود جسيمات فيها تدعى البروتونات (Protons) وهي جسيمات موجبة الشحنة يرمز لها (p^+). وتوجد جسيمات اخرى في النواة متعادلة الشحنة تدعى النيوترونات (neutrons) ويرمز لها (n^o)، ويطلق على هذين الجسيمين معاً بالنويات. ان عدد النويات في النواة يمثل مجموع عدد (البروتونات + النيوترونات) ويدعى عدد الكتلة (Mass number) يرمز له بالرمز (A) ، ويدعى عدد البروتونات في النواة بالعدد الذري (Atomic number) يرمز له بالرمز (Z) وهو يساوي ايضا عدد الالكترونات في الذرة المتعادلة الشحنة والذي يحدد ترتيب العنصر في الجدول الدوري للعناصر ويمكن تمثيل هذه الاعداد برمز العنصر بالترتيب الآتي :



هل تعلم

ان كلمة نرة في اللغة العربية نسبة الى نوع ضئيل الحجم جداً من النمل الاحمر، وهو أصغر أنواع النمل وتطلق على ما يرى من هباء والجسيمات الدقيقة التي تبدو لنا في اشعة الشمس عندما تدخل من النافذة او اي ثقب ضيق .

$^{A}_{Z}X$ ← عدد الكتلة A ، العدد الذري Z

اذا علمنا عدد الكتلة و العدد الذري لعنصر نستطيع ان نستنتج عدد النيوترونات (N) عن طريق المعادلة الاتية :-

$$N = A - Z$$

3-5 النظائر Isotopes

قد تختلف ذرات العنصر الواحد في عدد الكتلة لكنها تشترك في العدد الذري لذا تدعى بالنظائر Isotopes وتعني كلمة نظير (المكان نفسه) اي ان لها نفس المكان في الجدول الدوري، حيث ان ذرات النظائر للعنصر الواحد تحتوي في نواتها على نفس العدد من البروتونات لكنها تختلف في عدد النيوترونات. ان العناصر في الطبيعة على نوعين : نوع له نظائر والاخر ليس له نظائر فمثلا لعنصر الهيدروجين ثلاثة نظائر هي :

الهيدروجين الاعتيادي $^{1}_{1}H$

والهيدروجين الثقيل او الديوتيريوم $^{2}_{1}D$ او $^{2}_{1}H$

والنوع الثالث الهيدروجين الاثقل او التريتيوم $^{3}_{1}T$ او $^{3}_{1}H$

والشكل (5-1) يوضح هذه النظائر . وتختلف هذه النظائر في نسب وفرتها في الطبيعة والجدول (5-1) يوضح هذه النسب في الطبيعة.

تمرين (5-1)

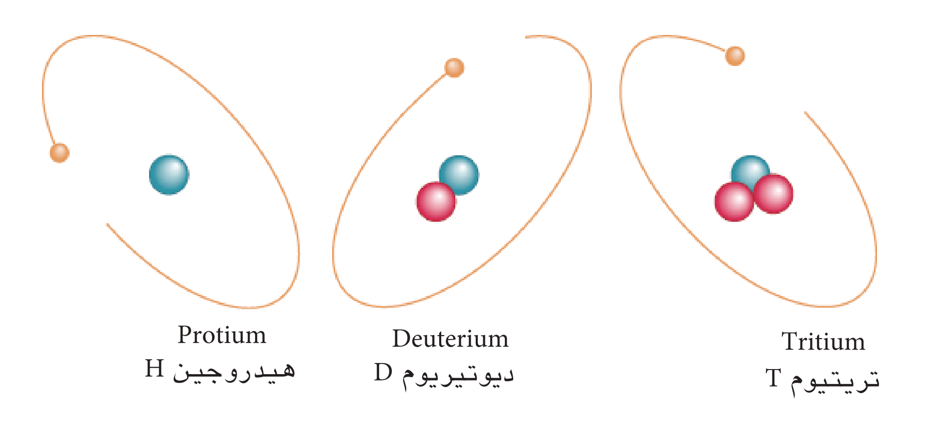
ادرس رموز العناصر الآتية , ثم اجب عن الاسئلة التي تليها :

$^{31}_{15}P$ $^{12}_{6}C$ $^{23}_{11}Na$

1 – ماذا يمثل الرقم السفلي على يسار رمز كل عنصر ؟

2 – ماذا يمثل الرقم العلوي على يسار رمز كل عنصر ؟

3 – اوجد عدد النيوترونات N لكل عنصر ؟



الشكل(5-1) نظائر الهيدروجين في الطبيعة .
بروتون
الكترون
نيوترون

تتواجد معظم ذرات الهيدروجين في الماء على هيئة H_2O إلا اننا نجد ان بين كل 6000 جزيء ماء عادي جزيء واحد فقط على هيئة D_2O (ماء ثقيل) ، ويتم الحصول على الماء الثقيل باستخدام التحليل الكهربائي للماء العادي حيث يتحرر

الهيدروجين العادي من الماء بسهولة أكثر من الهيدروجين الثقيل وباستمرار التحليل الكهربائي للماء يزداد تركيز D_2O الذي يفاد منه في مجالات عديدة منها كمهدئ للمفاعلات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية.

لابد ان تعلم ان النظائر لها نفس العدد من الالكترونات ونفس العدد من البروتونات اي العدد الذري نفسه فهي متماثلة في خواصها الكيميائية لان عدد الالكترونات يحدد الخواص الكيميائية للذرة ، اما اختلافها في عدد الكتلة اي تختلف في مجموع عدد النيوترونات وعدد البروتونات فيؤدي الى اختلاف في خواصها النووية لانهما يحددان الخواص النووية للنواة .

الجدول 5–1 رموز نظائر عنصر الهيدروجين ووفرتها في الطبيعة

اسم النظير	عدد n°	رمزه	الوفرة النسبية في الطبيعة
هيدروجين	صفر	$^{1}_{1}H$	%99.984
ديوتيريوم	1	$^{2}_{1}D$ او $^{2}_{1}H$	%0.015
تريتيوم	2	$^{3}_{1}T$ او $^{3}_{1}H$	نادر جدا ومشع

ومثال اخر على ذلك يوجد لليورانيوم ثلاثة نظائر :

$$^{234}_{92}U \quad ^{235}_{92}U \quad ^{238}_{92}U$$

تتوافر معظم العناصر بشكل خليط من نظيرين او اكثر وتختلف نسب وجود هذه النظائر للعنصر الواحد والتي يعبر عنهـا (الوفرة الطبيعية النسبية لكل نظير) . ومن معدل كتل جميع نظائر العنصر الواحد نحصل على الكتلة الذرية (Atomic mass) وهي تعبير عن متوسط اعداد الكتلة لنظائر العنصر الواحد مضروباً في وفرتها النسبية في الطبيعة، وتقاس بوحدة كتلة ذرية (وكذ) (atomic mass unite) مختصرها (amu) ، حيث ان 1 وكذ (amu) يساوي

$$1amu = 1.66x10^{-24} g$$

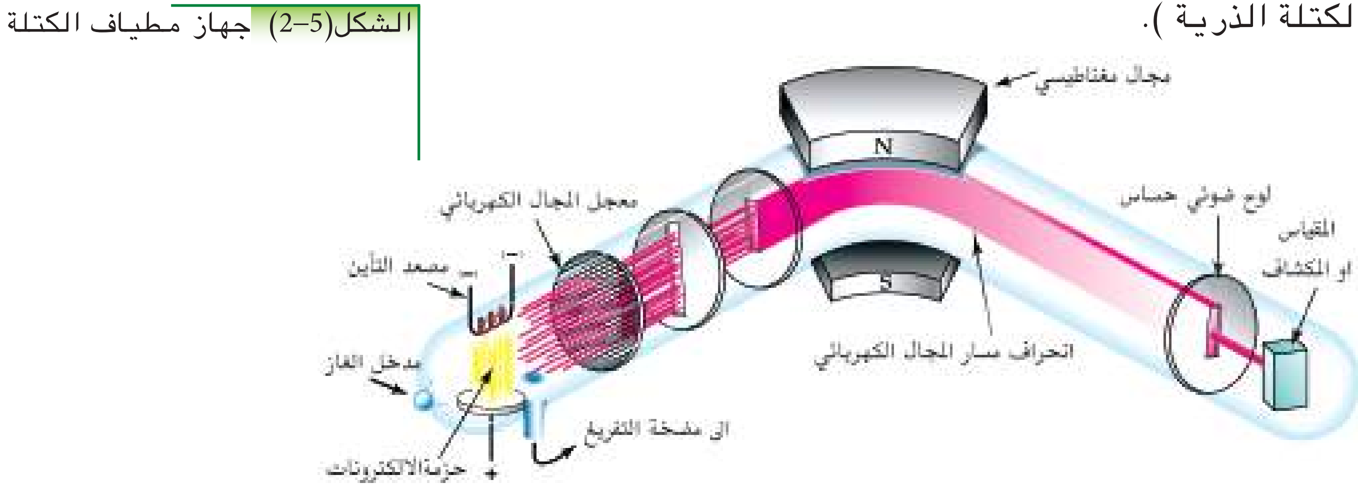
والجدول (5–2) يبين اعداد الكتلة لنظائر بعض العناصر.

الجدول 5–2 النظائر الطبيعية المهمة لعدد من العناصر

العنصر	النويدة	كتلة النظير الذرية (وكذ)	الوفرة الطبيعية النسبية
هيدروجين	$^{1}_{1}H$	1.0078	%99.984
	$^{2}_{1}H$	2.0141	%0.015
	$^{3}_{1}H$	2.0160	نطفة
كاربون	$^{12}_{6}C$	12.000	%98.893
	$^{13}_{6}C$	13.0033	%1.1070
	$^{14}_{6}C$	14.0032	نطفة
نتروجين	$^{14}_{7}N$	14.0031	%99.634
	$^{15}_{7}N$	15.0001	%0.366
أوكسجين	$^{16}_{8}O$	15.9949	%99.759
	$^{17}_{8}O$	16.9991	%0.0674
	$^{18}_{8}O$	17.9992	%0.0239
الفلور	$^{19}_{9}F$	18.9984	%100
النيون	$^{20}_{10}Ne$	19.9924	%90.48
	$^{21}_{10}Ne$	20.9937	%0.27
	$^{22}_{10}Ne$	21.99014	%9.25
الصوديوم	$^{23}_{11}Na$	22.9868	%100
الفسفور	$^{31}_{15}P$	30.9738	%100
الكلور	$^{35}_{17}Cl$	34.9689	%75.53
	$^{37}_{17}Cl$	36.9659	%24.47
البروم	$^{79}_{35}Br$	78.9184	%50.54
	$^{81}_{35}Br$	80.9163	%49.46
اليود	$^{127}_{53}I$	126.9045	%100
الرصاص	$^{204}_{82}Pb$	203.9731	%1.48
	$^{206}_{82}Pb$	205.9745	%23.6
	$^{207}_{82}Pb$	206.9759	%22.6
	$^{208}_{82}Pb$	207.9766	%52.3
الثوريوم	$^{232}_{90}Th$	232.0382	%100

وقد اختير نظير الكاربون $^{12}_{6}C$ كذرة قياسية في اغلب التطبيقات لان كتلتها المكونة من 12 وحدة احتسبت بدقة شديدة باستخدام اجهزة دقيقة ومنها مطياف الكتلة (الشكل 5–2) فتم قياس باقي العناصر بنسبة (متوسط كتلة الذرة) الى $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة نظير الكاربون $^{12}_{6}C$ (راجع الفصل الاول لتعريف وحدة الكتلة الذرية).

الشكل(5–2) جهاز مطياف الكتلة



ويمكن حساب الكتلة الذرية من نسب الوفرة الطبيعية لنظائر العنصر الواحد باستخدام العلاقة الاتية :

$$\text{الكتلة الذرية للعنصر} = \frac{\text{كتلة النظير الاول} \times \text{وفرته النسبية} + \text{كتلة النظير الثاني} \times \text{وفرته النسبية} + \ldots}{100}$$

مثال 5 – 1 :

يشكل ^{35}Cl نسبة 75.53% من مجموع الكلور في الطبيعة أما الكلور ^{37}Cl فيشكل ما نسبته 24.47% . احسب الكتلة الذرية للكلور ؟

الحــــل :

بما ان للكلور نظيرين فقط فتكتب العلاقة على الصورة الاتية:

الكتلة الذرية للكلور

$$= \frac{\text{كتلة النظير الاول} \times \text{وفرته النسبية} + \text{كتلة النظير الثاني} \times \text{وفرته النسبية}}{100}$$

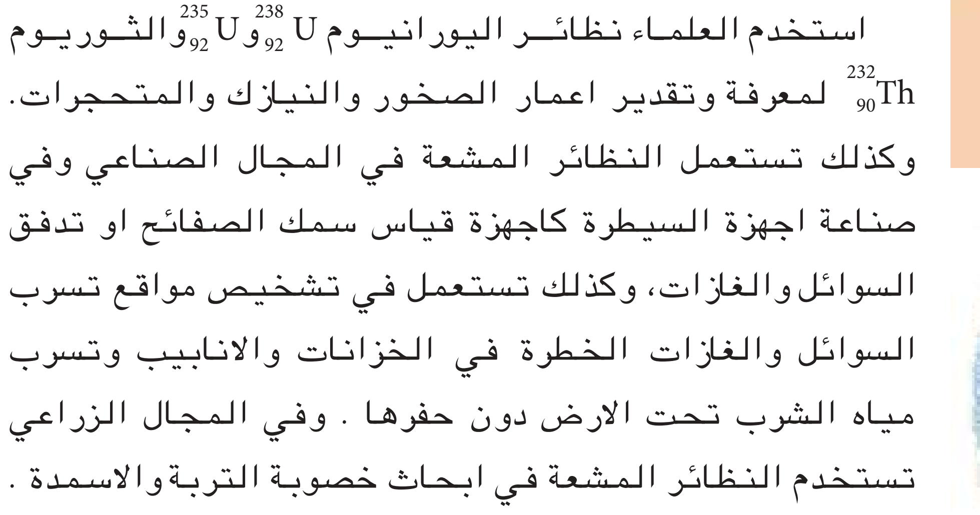
$$= \frac{(34.9689 \times 75.53) + (36.9659 \times 24.47)}{100}$$

$= 35.4576$ amu

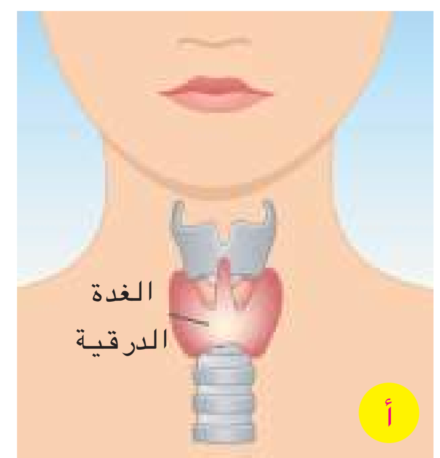
تمرين (5–2)

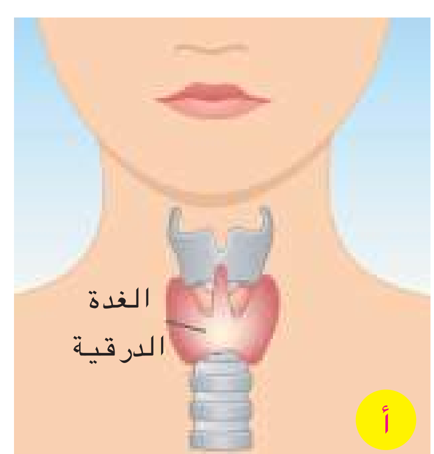
احسب الكتلة الذرية للبورون B المتوافر في الطبيعة بنسبة 18.8% ^{10}B و 81.2% ^{11}B ؟

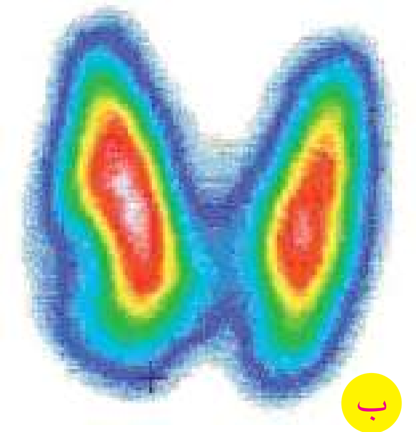
وللنظائر عدة تطبيقات في مجال الطب في تشخيص وعلاج كثير من الامراض، حيث يستخدم نظير الكوبلت(^{60}Co) في معالجة الأورام السرطانية ويستخدم نظير اليود (^{131}I) في معالجة تضخم الغدة الدرقية [الشكل (5-3)] .



استخدم العلماء نظائر اليورانيوم $^{238}_{92}U$ و $^{235}_{92}U$ والثوريوم $^{232}_{90}Th$ لمعرفة وتقدير اعمار الصخور والنيازك والمتحجرات. وكذلك تستعمل النظائر المشعة في المجال الصناعي وفي صناعة اجهزة السيطرة كاجهزة قياس سمك الصفائح او تدفق السوائل والغازات، وكذلك تستعمل في تشخيص مواقع تسرب السوائل والغازات الخطرة في الخزانات والانابيب وتسرب مياه الشرب تحت الارض دون حفرها . وفي المجال الزراعي تستخدم النظائر المشعة في ابحاث خصوبة التربة والاسمدة .







الشكل(5-3)
أ) الغدة الدرقية
ب) صورة اشعاعية للغدة الدرقية .

5-4 حجم وكتلة النواة

على الرغم من صغر الذرة فقد أمكن قياس حجمها بدقة , اذ يبلغ قطر الذرة جزءاً من مئة مليون من السنتمتر $\frac{1}{100000000}$ كأنك تضع مليون ذرة على رأس دبوس قطره حوالي 0.001 cm .
اما النواة فتعتبر مركز ثقل الذرة ومخزن طاقتها علماً ان ابعادها صغيرة بصورة غير اعتيادية مقارنة بأبعاد الذرة اذ يبلغ حجمها $\frac{1}{10000}$ من حجم الذرة لان الغلاف المحيط بالنواة يتكون من مدارات حول النواة تدور فيها الالكترونات. ويمكن تشبيه الهيئة البنائية للذرة بالمجموعة الشمسية فالشمس تمثل النواة والكواكب التي تدور في مدارات حولها تمثل الالكترونات وهذه الكواكب تبعد عن الشمس بمسافات بعيدة نسبيا لكنها ترتبط بالمجموعة الشمسية بفعل تأثير قانون الجاذبية. وهكذا الالكترونات فانها تبتعد عن النواة بمسافات بعيدة جدا نسبياً ولكن بفعل قوى التجاذب التي تعمل على جعل النواة والالكترونات وحدة واحدة وهي الذرة، ويبين الجدول(5-3) بعض خواص مكونات الذرة التي تعرفت عليها في المرحلة المتوسطة .



تركيب الذرة

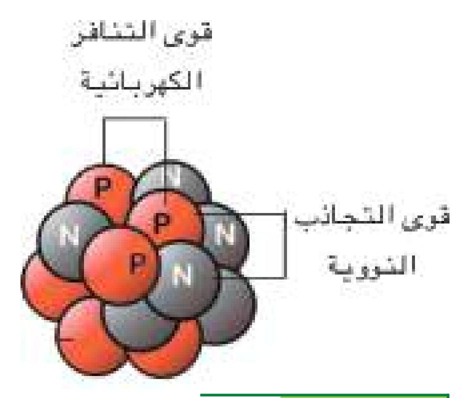
الجدول 5-3 كتلة وشحنة ورموز مكونات الذرة

الجسيم	رمزه	نوع الشحنة	الكتلة \ g
الالكترون	e^-	-1	9.11×10^{-28}
البروتون	p^+	$+1$	1.672×10^{-24}
النيوترون	n^o	متعادل 0	1.674×10^{-24}

5-5 الاستقرار النووي Nuclear Stability

ان النظائر غير المشعة تكون مستقرة اما المشعة فهي نظائر غير مستقرة . ويوجد في الطبيعة 280 نظير من بينها حوالي 50 نظير مشع, كما تمكن الانسان من صنع عدد كبير من النظائر يصل الى 500 نظير وذلك بعد قذف ذرات بعض العناصر بالنيوترونات.

يعود عدم استقرارية بعض النظائر المشعة الى نسبة عدد النيوترونات الى عدد البروتونات $(\frac{n^o}{p^+})$ في نواتها. وتكون هذه النسبة1:1 اي الواحد الصحيح في حالة النوى المستقرة. اما اذا كانت هذه النسبة اكبر من الواحد الصحيح فتكون النوى غير مستقرة ، مما يجعلها تلجأ الى اطلاق اشعاعات لتستقر وهذا ما يسمى بالنشاط الاشعاعي .



الشكل(5-5) تجمع النيوترونات والبروتونات في النوية والقوى المؤثرة فيها .

تكون نوى الذرات الاكثر استقرارا هي التي تمتلك اعداداً ذرية صغيرة والتي تقارب فيها النسبة $(\frac{n^o}{p^+})$ الواحد الصحيح . وبزيادة العدد الذري تزيد نسبة النيوترونات الى البروتونات عن الواحد الصحيح، ويعود السبب في ذلك الى العلاقة بين قوى التجاذب النووية (قوى تجاذب تؤثر على البروتونات والنيترونات بشكل متماثل ، وتعتبر اقوى القوى في الطبيعة) وقوى التنافرالكهربائية الساكنة بين البروتونات. حيث تتنافر البروتونات في النواة بسبب تشابه شحنتها الكهربائية الساكنة. وكلما زاد العدد الذري زاد عدد البروتونات في النواة ، فتزداد قوى التنافر الساكنة بين البروتونات ، لكن وجود عدد اكبر من النيوترونات يزيد القوة النووية للتغلب على التنافر وبالتالي عدم استقرار النواة لاحظ الشكل (5-5).

6-5 طاقة الأرتباط النووية Binding Energy

تتألف نواة ذرة الهيليوم من بروتونين ونيوترونين :

كتلة البروتون p^+ : 1.00728 amu

كتلة النيوترون n^o : 1.00866 amu

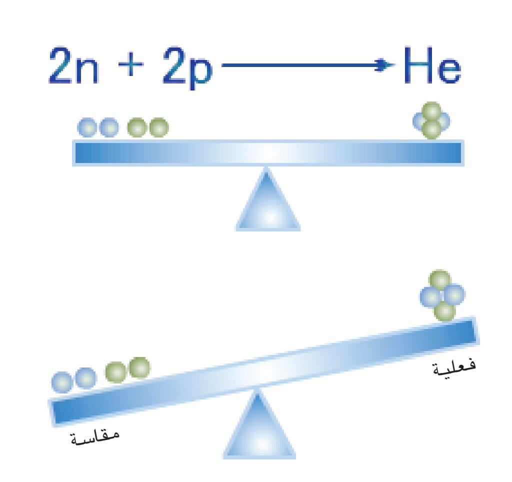
لذا يمكن حساب كتلة نواة الهيليوم على النحو الأتي:

كتلة بروتونين = 1.00728×2 = 2.01456 amu

كتلة نيوترونين = 1.00866×2 = 2.01732 amu

مجموع كتل البروتونات والنيوترونات =

2.01456 + 2.01732 = 4.03188 amu



تبلغ كتلة نواة الهيليوم المقاسة (بوحدة وكز) : 4.03188 amu وبمقارنة كتلة الهيليوم الفعلية (4.00151 amu) بمجموع كتل مكونات نواتها يلاحظ أن هنالك فرقاً في الكتلة = 0.03037 amu. وبأستخدام اجهزة مطياف الكتلة المتطورة وجد ان هذا الفرق في الكتلة (الكتلة المفقودة) تحولت الى طاقة E حسب معادلة انشتاين ($E=mC^2$) **وتسمى هذه الطاقة بطاقة الارتباط النووية وتعرف بانها الطاقة اللازمة للتغلب على التنافر بين البروتونات الموجبة وللمحافظة على البروتونات والنيوترونات سوية داخل النواة ضمن حجمها الصغير جداً جداً**. ولحساب الطاقة الناتجة من تحول فرق الكتلة الى طاقة نتبع خطوات المثال الاتي :

فرق الكتلة الفعلية عن الكتلة المقاسة لنواة ذرة الهليوم .

معادلة انشتاين $E = mC^2$

E = الطاقة

m = كتلة المادة

C= سرعة الضوء تبلغ 3×10^8 m/s

مثال 5 – 2 :

اذا علمت ان فرق الكتلة المقاسة عن الفعلية لنواة الهيليوم هي 0.03037 amu . احسب طاقة الارتباط النووية لنواة الهيليوم . علما ان سرعة الضوء $(C = 3 \times 10^8 \ m/s)$

الحــــــل :

نحول الكتلة من وحدة amu الى kg

$$m = 0.03037 \ amu \times \frac{1.66 \times 10^{-27} \ kg}{1 \ amu} = 0.050414 \times 10^{-27} \ kg$$

نستخدم معادلة انشتاين لحساب طاقة الارتباط

$$E = mC^2 = 0.050414 \times 10^{-27} \ kg \times (3 \times 10^8 \ m/s)^2$$

$$= 0.454 \times 10^{-11} \ kg \ . \ m^2 / s^2$$

ومن تعريف الجول (J) بانه يساوي $(kg \ . \ m^2 / s^2)$ فعليه

$$E = 0.454 \times 10^{-11} \ J$$

تمرين (5–3)

احسب طاقة الارتباط النووية لنواة عنصر الرصاص التي تمتلك 82 بروتوناً و125 نيوتروناً. علماً ان كتلة البروتون 1.00728 amu وكتلة النيوترون 1.00866 amu والكتلة الذرية للرصاص 207.2 amu .

7-5 النشاط الاشعاعي Radioactivity



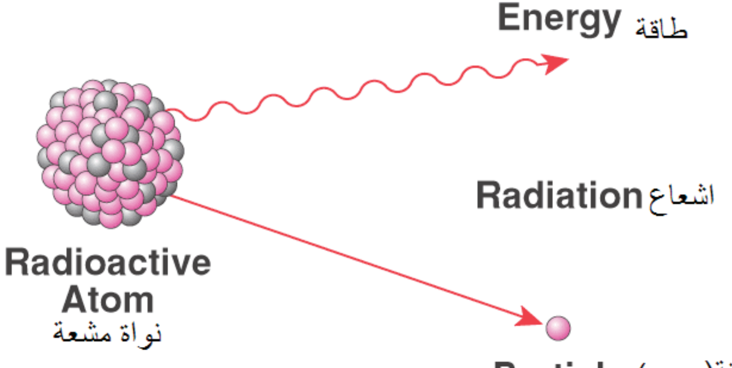
في عام 1896 اكتشف العالم هنري بيكرل تضبيب صفائح فوتوغرافية في ادراج مكتبه المحتوي على بعض خامات اليورانيوم فاستنتج ان اشعاعاً غير مرئياً انطلق من اليوانيوم واثر على اللوح الفوتوغرافي وكانت مدام كوري تعمل مع زوجها في مختبر بيكرل وقد درسا هذه الظاهرة مفصلاً ونجح الاثنان بتقديم ادلة لوجود عنصرين جديدين (الراديوم والبولونيوم) وتوفرت لديهما كميات قابلة للوزن خلال 10 سنوات لاحقة . وقد سميت وحدة النشاط الاشعاعي بـ (الكوري) تقديراً لعمل مدام كوري . ان لبعض النوى الذرية غير المستقرة القدرة على الانحلال تلقائياً مكونةً نوى نظائر جديدة مستقرة وهذا مايدعى بالنشاط الاشعاعي (Radioactivity) وهو عملية تتحول فيها نوى احد العناصر بانبعاث الاشعاعات النووية ذات طاقة عالية الى نوى جديدة أكثر استقراراً ، لاحظ الشكل (5-6).



ماري كوري
1867-1934م



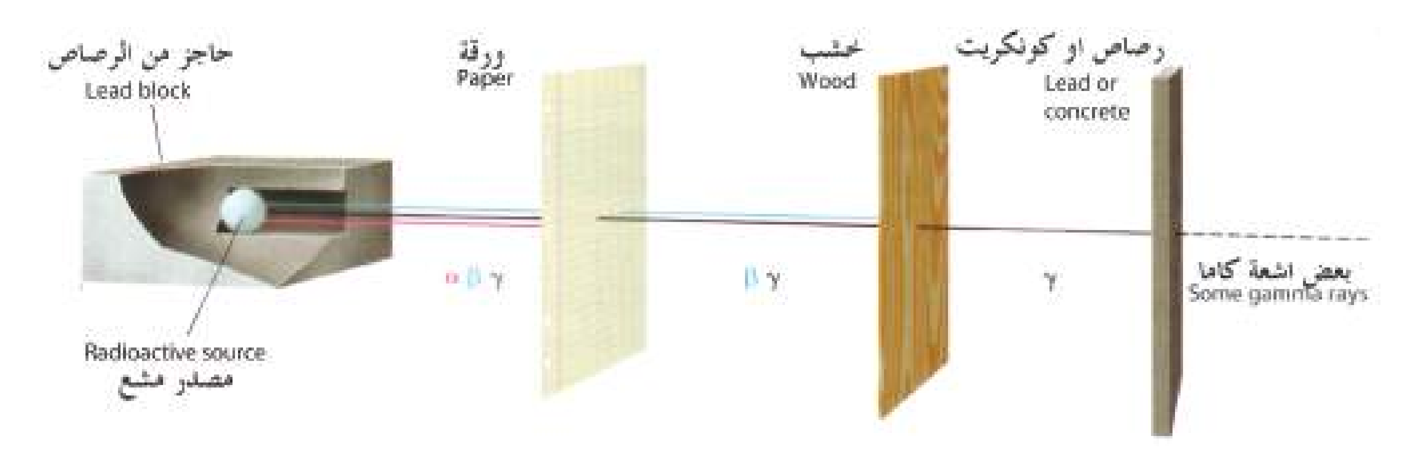
بيير كوري
1859-1906م



الشكل(5-6) النشاط الاشعاعي لنواة ذرة مشعة .

ومثال ذلك نواة ذرة نظير اليورانيوم غير المستقرة (مشعة) والتي تخضع للانحلال الاشعاعي. حيث تعتمد سرعة انحلال النواة على مكوناتها ومستوى طاقة النواة . وقد بينت الدراسات وجود ثلاثة انواع من الاشعاعات المؤينة تختلف في القابلية على اختراق المواد وقد سميت بالاحرف الثلاثة الاولى من الابجدية اليونانية (الفا α وبيتا β وكاما γ) .

تتفاوت انواع الاشعاعات في اختراقها للمواد وحسب ما موضح في الشكل (5-7) .



الشكل(5–7) انواع الاشعة وقابلية اختراقها للمواد .

1 . دقائق ألفا α (Alpha particles) :

دقائق موجبة الشحنة تتألف كل دقيقة من بروتونين ونيوترونين فهي تمثل نواة ذرة الهيليوم يرمز لها α او ${}^{4}_{2}He$ وهي أثقل أنواع الاشعة ومن خواصها :

1. شدة تأثيرها على المواد كبير حيث تعمل عند اصطدامها بالمواد على ازاحة الكترونات المادة مما يؤدي الى تأينها .

2. مدى تأثيرها على المواد قصير جدا سرعان ما يتحد مع دقائقها الكترونين من الالكترونات المزاحة نتيجة تأين المادة فتتحول الى ذرة غاز الهيليوم حسب معادلة التفاعل الاتي :

$${}^{4}_{2}He\,(\alpha) + 2e^{-} \longrightarrow {}^{4}_{2}He$$

دقيقة الفا ← ذرة غاز الهيليوم

${}^{4}_{2}He\,(\alpha)$

${}^{238}_{92}U$

${}^{234}_{90}Th$

الشكل(5–8) انبعاث دقيقة الفا من نواة نظير اليورانيوم المشع.

ويمكن لنظير اليورانيوم ${}^{238}_{92}U$ ان ينحل (نتيجة النشاط الاشعاعي) فيتحول الى نظير الثوريوم ${}^{234}_{90}Th$ باعثاً دقيقة الفا.

لاحظ الشكل (5–8) .

$${}^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He\,(\alpha)$$

اليورانيوم ← الثوريوم + دقيقة الفا

ويمكن ايقاف مسار أشعة ألفا بوساطة قطعة رقيقة من الورق الشكل (5–7) .

2 . دقائق بيتا β^- (Beta particles)

هي عبارة عن سيل من الالكترونات تتميز بمدى أكبر لاختراق المواد قياساً باشعة الفا لأن حجم الالكترون صغير جداً قياساً الى حجم دقيقة ألفا مما يمكنه من النفوذ الى مدى أكبر عبر مدارات الكترونات ذرة المادة ويرمز لها أيضاً ($^{0}_{-1}e$)، لا يمكن ايقاف مسارها بقطعة ورق وانما بقطعة خشب لاحظ الشكل (5–7) . والمعادلة التالية تبين انبعاث دقائق بيتا من النيوترون اضافة لتكون بروتون :

$$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$$

مثلا انبعاث دقائق بيتا من خلال انحلال نظير الكاربون $^{14}_{6}C$ الى نظير النتروجين $^{14}_{7}N$. لاحظ ان العدد الذري يزداد بمقدار (1) ويبقى العدد الكتلي دون تغيير، الشكل (5–9) .

$$^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e \ *$$

الشكل(5–9) انبعاث دقائق بيتا من خلال انحلال نظير الكاربون $^{14}_{6}C$.

3 . أشعة كاما γ (Gamma rays)

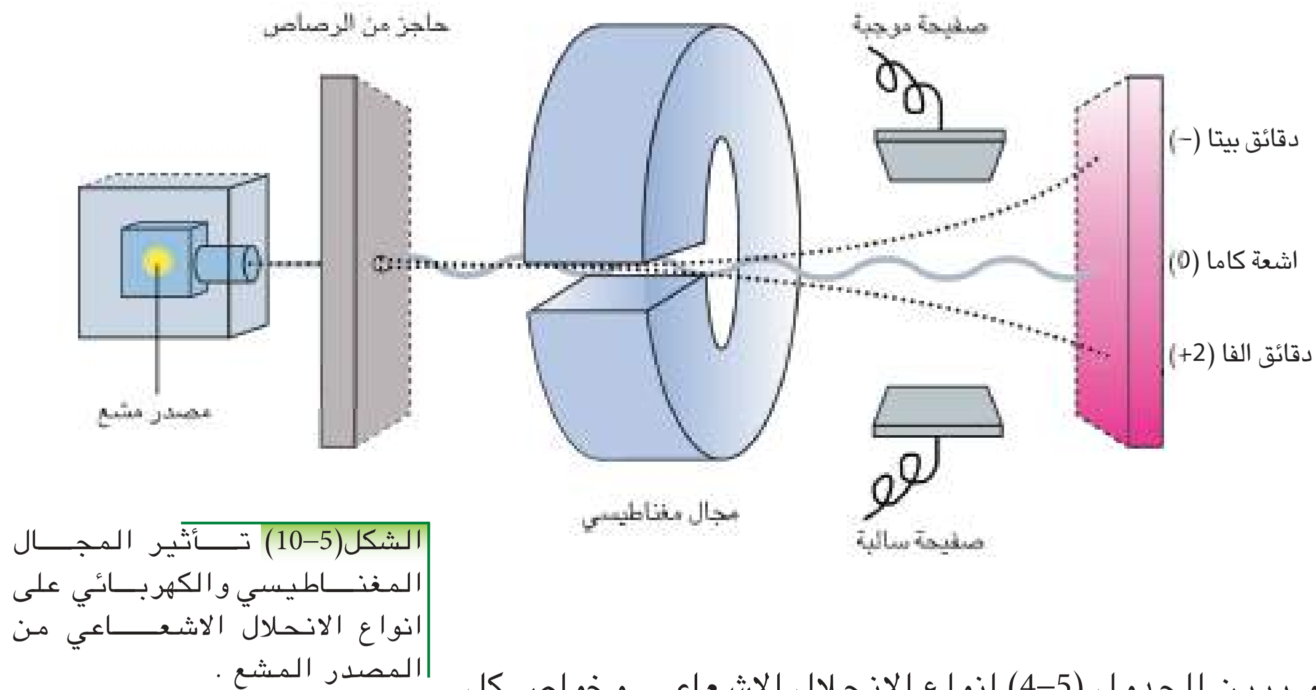
وهي موجات كهرومغناطيسية عديمة الشحنة ذات سرعة عالية جداً تساوي سرعة الضوء ،وهذا النوع من الاشعة أقوى أنواع الاشعة تأثيراً وأكثرها قدرة على اختراق المواد والمرور فيها الى مدى أكبر من قدرة دقائق الفا وبيتا، وتعتبر أخطر أنواع الاشعاعات، ويمكن اضعاف سريانها بوساطة حاجز من الكونكريت (خرسانة مسلحة)، الشكل (5–7) والمعادلة التالية تبين انحلال نظير اليورانيوم $^{238}_{92}U$ بانبعاث اشعة كاما والفا وتكون نظير الثوريوم .

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He + \underset{\text{اشعة كاما}}{^{0}_{0}\gamma}$$

كما ويوضح الشكل (5–10) تأثير المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي على جميع انواع الانحلال الاشعاعي .

---

* ان المعادلة غير كاملة لان انبعاث دقيقة بيتا يتولد معه مايدعى نيوترينو سيتم التطرق اليه في مراحل دراسية لاحقة .



الشكل(5–10) تأثير المجال المغناطيسي والكهربائي على انواع الانحلال الاشعاعي من المصدر المشع .

و يبين الجدول (5–4) انواع الانحلال الاشعاعي وخواص كل منها .

الجدول5–4 انواع ورموز الانحلال الاشعاعي وخواص كل نوع

نوع الانحلال	الطبيعة	السرعة	الشحنة	تأثرها بالمجال الكهربائي	تتوقف بوساطة
الفا α	نواةالهيليوم $^{4}_{2}He$	10% سرعة الضوء	موجبة 2+	تنحرف مقتربة من الصفيحة السالبة .	ورقة ، ملابس
بيتا β	الكترون ذا سرعة عالية $^{0}_{-1}e$	90% سرعة الضوء	سالبة 1−	تنحرف مقتربة من الصفيحة الموجبة .	حاجزمن الخشب او الالمنيوم
كاما γ	موجة كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية	سرعة الضوء	عديمة 0	لاتتاثر	لاتوقفها بل تقلل من تأثيرها كونكريت او حواجز من الرصاص بسمك 10 cm

ومن خواص العناصر المشعة هي :

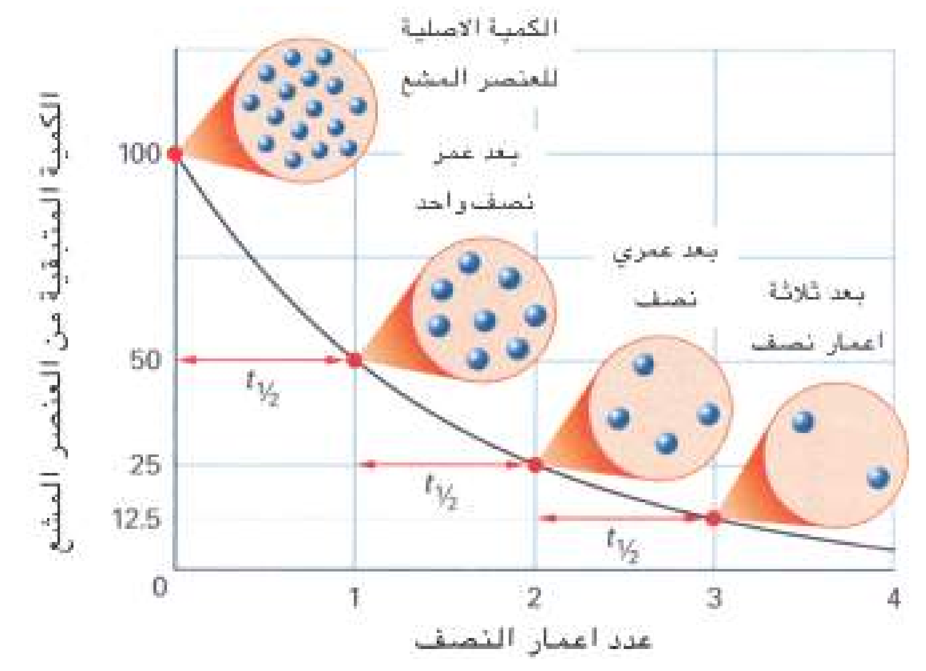
1. العنصر المشع تكون جميع مركباته مشعة .
2. العنصر المشع يكون مشعاً في جميع حالاته (صلبة - سائلة - غازية) .
3. نواة العنصر المشع لا تصدر جسيمات ألفا وجسيمات بيتا معاً ، ولكن قد تصدر ألفا أو بيتا ، وقد يصاحب كلاً منهما انطلاق اشعة كاما .
4. معدّل النشاط الإشعاعي لعينة مشعة لا يتأثر بالظروف الخارجية من ضغط أو درجة حرارة ولكنه يتوقف فقط على نسبة العنصر المشع في العينة .
5. انبعاث جسيم بيتا أو جسيم ألفا من نواة العنصر المشع يحولّها إلى نواة عنصر آخر .

8-5 الشدة الاشعاعية

تمثل عدد الانحلالات التي تحدث في الثانية . فعندما يقال ان مصدر كوبلت شدته (50) الف بكرل فهذا يعني انه ينحل في هذا المصدر في كل ثانية (50)الف نواة وحدات قياسها البكرل (Bq) ويعرف بأنه عبارة عن انحلال واحد في الثانية والكوري (Ci) يساوي 37 مليون بكرل .

9-5 زمن عمر النصــــف (Half - life time)

يرمز له ($t_{1/2}$) يمثل الوقت اللازم لانحلال نصف كمية المادة اشعاعياً اي استهلاك نصف ماكان موجوداً اصلاً من نويات المادة المشعة. وان لكل نظير من نظائر العناصر المختلفة له عمر نصف ثابت طبيعي معروف وان معظم النظائر المشعة يتحلل في عدة خطوات (سلسلة متتابعة من التحلل) الى عناصر مستقرة تسمى بعنصر البنت (الوليدة) بينما النظائر الاصلية قبل التحلل تسمى بعنصر الام . ويبين الشكل (5-11) منحني انحلال العناصر المشعة وعدد اعمار النصف لها .



الشكل(5–11) منحني انحلال للعناصر المشعة وعدد اعمار النصف لها.

في اغلب الحالات يكون عمر النصف للنظائر معتمدا على خصائص الذرات المكونة لها ولاتؤثر عليه العوامل الخارجية من درجة الحرارة والضغط والوسط الكيميائي المتواجد فيه والحقول المغناطيسية والكهربائية لذلك فان عمر النصف للنظائر لايتغير حسب الوقت بل هو قيمة ثابتة طبيعيا لكل نواة مشعة عمر نصف خاص بها والنويات الاكثر استقرار تنحل ببطئ ولها عمر نصف اطول اما الاقل استقرار فتنحل بسرعة ويكون لها عمر نصف قصير جدا لايتعدى بضع اجزاء من الثانية فالكاربون $^{14}_{6}C$ له عمر نصف يقدر ب 5730 سنة ولليورانيوم $^{238}_{92}U$ 4.46×10^9 سنة والبوتاسيوم $^{40}_{19}K$ عمر النصف له 1.3×10^9 سنة . بينما البولونيوم $^{218}_{84}Po$ له عمر نصف 3 دقائق والاستاتين $^{218}_{85}At$ عمر النصف له قصير جدا هو 1.6 ثانية.

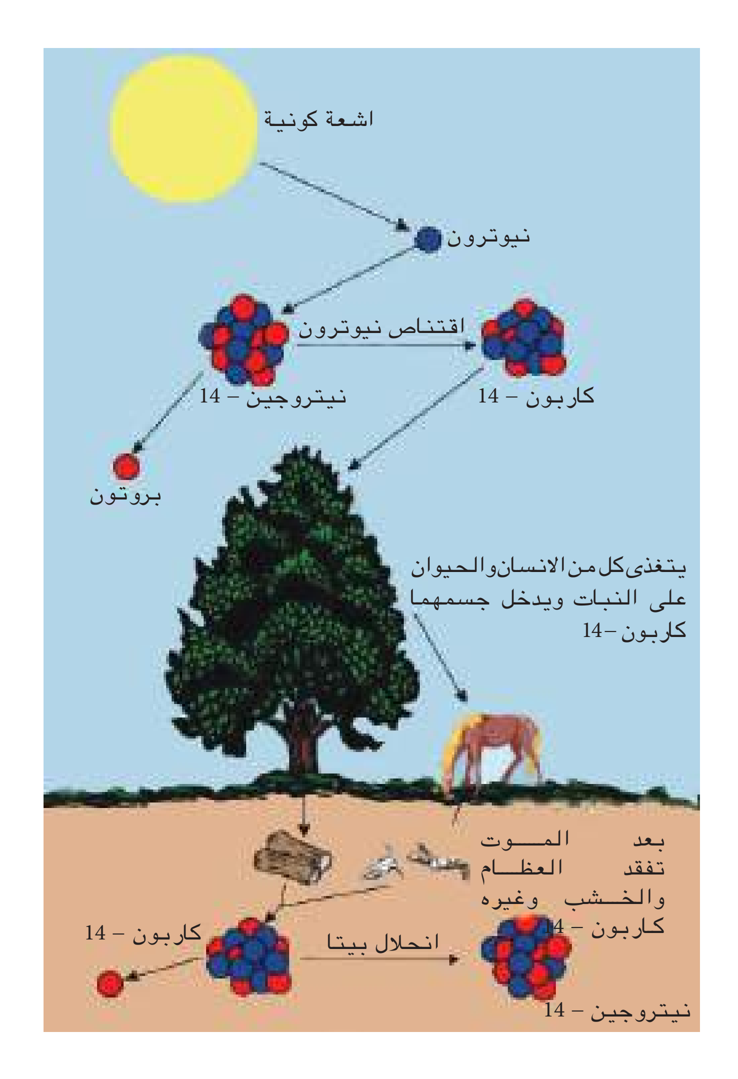
هل تعلم

لوكان لدينا كيلو غرام واحد من عنصر $^{238}_{92}U$ فان نصف كيلو غرام من هذا العنصر يتحول الى عنصر الرصاص $^{206}_{82}Pb$ المستقر بعد مرور 4.5 بليون سنة .

تستخدم العناصر المشعة ذات عمر النصف القصير في الطب النووي في معالجة بعض الامراض ومنها الاورام السرطانية (والتي هي تغير في تركيب الخلايا يؤدى الى انقسام سريع وتلف الخلايا عند تعرضها للإشعاع لفترة طويلة) لكي لاتشكل مصدرا مشعا خطرا على المدى البعيد للمرضى كما ويستخدم زمن عمر النصف في تقدير اعمار الاشجار ورفات الموتى.

يتكون معظم ثنائي اوكسيد الكاربون CO_2 الموجود في الجو من $^{12}_{6}C$ وقسم قليل من $^{13}_{6}C$ وهما عنصران غير نشيطان اشعاعيا وبالاضافة الى ذلك هنالك كميات قليلة جدا من النظير

$^{14}_{6}C$ المشع الذي يكون انحلاله ثابت وتبقى كمياته ثابتة ايضا بسبب تأثيرالاشعة الكونية على النتروجين $^{14}_{7}N$ الموجود في الجو الذي ينحل ليكون $^{14}_{6}C$ ، وكما هو معلوم ان النباتات تمتص غاز CO_2 من الجو في عملية البناء الضوئي ومادامت هذه النباتات باقيه حية فان نسبة ذرات $^{14}_{6}C$ الى $^{12}_{6}C$ في النباتات والكربوهيدرات تكون مساوية لنسبتها في الجو ولكن هذه النسبة تبدا بالتناقص عند انقطاع دورة الحياة (قطع الاشجار) (موت الكائن الحي) ولكون ذرات $^{14}_{6}C$ نشطة اشعاعياً اي انها تعاني من انحلال مستمر (عمر النصف لـ $^{14}_{6}C$ هو 5730 سنة) كما في الشكل (5–12). لذلك في نهاية هذه المدة تصبح نسبة $^{14}_{6}C$ الى $^{12}_{6}C$ نصف ماكانت عليه في الجو ولايجاد اعمار مخلفات اخشاب الاشجار المقطوعة او رفاة الاموات او المتحجرات تحرق عينه منها لتكون غاز CO_2 وتحسب نسبة $^{14}_{6}C$ الى $^{12}_{6}C$ ومن هذه النسبة وبحسابات خاصه تقدر اعمارها وهذا أدى الى تطوير دراسة الاثار والاكتشافات الاثرية .



الشكل(5–12) .
كاربون – 14 وكيفية تكونه في جسم الكائن الحي .

مثال 5 – 3 :

لنظير الكاربون $^{14}_{6}C$ الذي يتحلل تلقائيا باعثا دقائق بيتا عمر نصف($t_{1/2}$) قدره 5730 سنه , مبتدأ بكتلة$(2\times10^{-2}g)$ من النظير أوجد :–

1 – كم الفترة الزمنية لثلاثة اعمار نصف (three half– lives)

2 – كم عدد الغرامات المتبقية من النظير بعد مرور ثلاثة أعمار النصف .

الحـــــل :

يمكن حل مثل هذه الاسئلة باستخدام العلاقة الاتية :

$$N_t = \frac{N_o}{2^{(t/\,t_{1/2})}}$$

حيث N_o الكمية الابتدائية للمادة المشعة وN_t كمية المادة المشعة المتبقية بعد فترة زمنية مقدارها t و $t_{1/2}$ زمن عمر النصف .

1 – يتم حساب زمن اعمار النصف الثلاثة بحاصل ضرب عمر النصف بعدد اعمار النصف

اعمار النصف = 3 × 5730 سنة = 17190 سنة

2 – أيجاد كمية النظير المتبقية بعد مرور ثلاثة اعمار النصف (t = 17190 سنة) بتطبيق العلاقة اعلاه

$$N_t = \frac{N_o}{2^{(t/\,t_{1/2})}} = \frac{2\times10^{-2}\,g}{2^{(17190/\,5730)}} = 0.25\times10^{-2}\,g$$

تمرين (5–4)

1 – لنظير المنغنيز ^{56}Mn والذي يتحلل فيعطي دقائق بيتا عمر نصف قدره 2.6 ساعة ما هي كتلة المنغنيز 56 المتبقية في نموذج 1 g بعد نهاية 10.4 ساعة؟

2 – لنظير الفسفور ^{32}P عمر نصف مقداره 14.3 يوما . ما كتلة نظير الفسفور 32 المتبقية بعد 57.2 يوما اذا ابتدأت بـ 4 g من النظير ؟

10–5 المعادلات النووية Nuclear Equations

ان التغيرات التي تحصل في النواة والتي تؤدي الى تحولها من نوية الى اخرى تعرف بالتفاعلات النووية فمثلاً انبعاث اشعة الفا من نظير اليورانيوم $^{238}_{92}U$ يقود الى تكوين نظير الثوريوم $^{234}_{90}Th$ وكما هو الحال في التفاعلات الكيميائية التي يعبر عنها بالمعادلات الكيميائية الحسابية، فان التفاعلات

النووية يعبر عنها بمعادلات مشابهة تدعى المعادلات النووية فيمكن التعبير عن التفاعل بالمعادلة الاتية:

$$^{238}_{92}U \longrightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He + ^{0}_{0}Y$$

في المعادلات النووية يجب ان يكون (المجموع الجبري للاعداد الذرية واعداد الكتلة متساوي في طرفي المعادلة). والجدول (5–5) يبين الجسيمات القاصفة او المنبعثة في المعادلات النووية.

الجدول 5–5 الجسيمات القاصفة او المنبعثة في المعادلات النووية

اسم الجسيم	رمزه وعدده الذري وعدد الكتلة له
نيوترون	$^{1}_{0}n$
بروتون	$^{1}_{1}H(p^{+})$
الكترون	$^{0}_{-1}e$
الفا	$^{4}_{2}He$
بيتا	$\beta^{-}(^{0}_{-1}e)$
كاما	$^{0}_{0}\gamma$

تمرين (5–5)

أ) اوجد اسم الجسيم المضاف لنظير $^{22}_{11}Na$ في المعادلة النووية الاتية :

$$^{22}_{11}Na + x \longrightarrow ^{22}_{10}Ne$$

ب) جد العدد الذري وعدد الكتلة للعنصر X في المعادلة النووية الاتية :

$$^{253}_{99}Es + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{1}_{0}n + x$$

مثال 5 – 4 :

جد العدد الذري وعدد الكتلة للعنصر X في المعادلة النووية الاتية :

$$^{212}_{84}Po \longrightarrow ^{4}_{2}He + X$$

الحـــل :

عدد الكتلة لنظير عنصر البولونيوم يساوي 212 والعدد الذري 84 وعندما تنبعث دقيقة الفا ينتج العنصر X كما في المعادلة :

عدد الكتلة للعنصر X = 212 – 4 = 208

العدد الذري للعنصر X = 84 – 2 = 82

فالناتج هو $^{212}_{84}Po \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{208}_{82}X$

11-5 أنواع التفاعلات النووية

يمكن تقسيم التفاعلات النووية الى أربعة أقسام وهي :

1. الانحلال النووي التلقائي Radioactive spontaneous disintegration.
2. التفاعل النووي غير التلقائي Nonspontaneous nuclear reaction .
3. الانشطار النووي Nuclear Fission .
4. الاندماج النووي Nuclear Fusion .

5-11-1 الانحلال النووي التلقائي

يمثل انحلال أنوية العناصر الثقيلة غير المستقرة تلقائيا الى انوية اخف واكثر استقرارا وينبعث منها دقائق الفا او بيتا او اشعة كاما بالانحلال الاشعاعي كما ورد ذكره سابقاً ، ومن امثلة ذلك تحول نظير اليورانيوم تلقائيا الى نظير الثوريوم واطلاق دقائق الفا.

5-11-2 التفاعل النووي غير التلقائي

ويتم بقصف النواة بجسيمات او نوى خفيفة

1 – قصف نواة بنيوترون (انبعاث بروتون) كما في المعادلة الاتية :

$$^{35}_{17}Cl + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{35}_{16}S + ^{1}_{1}H$$

2 – قصف نواة بدقيقة الفا كما في المعادلة الاتية :

$$^{4}_{2}He + ^{14}_{7}N \longrightarrow ^{18}_{9}F$$

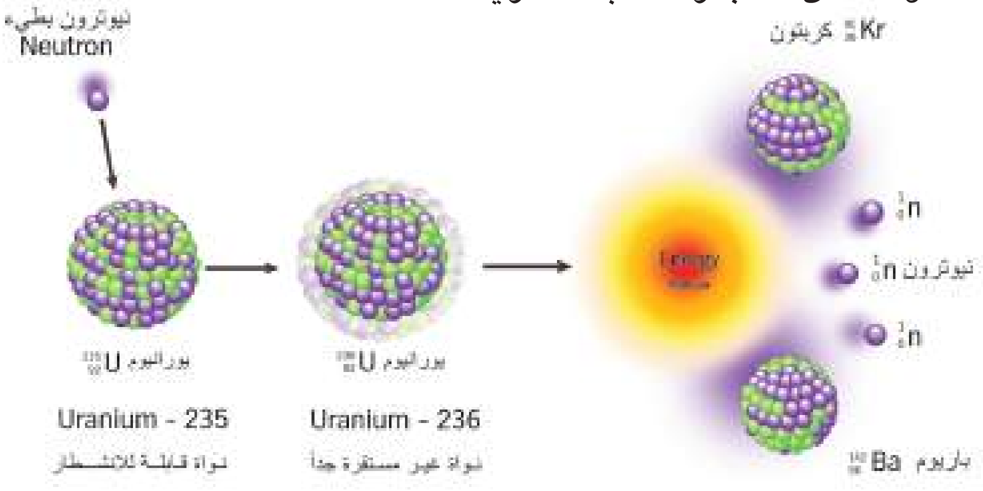
$$^{18}_{9}F \longrightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

3-11-5 الانشطار النووي Nuclear fission



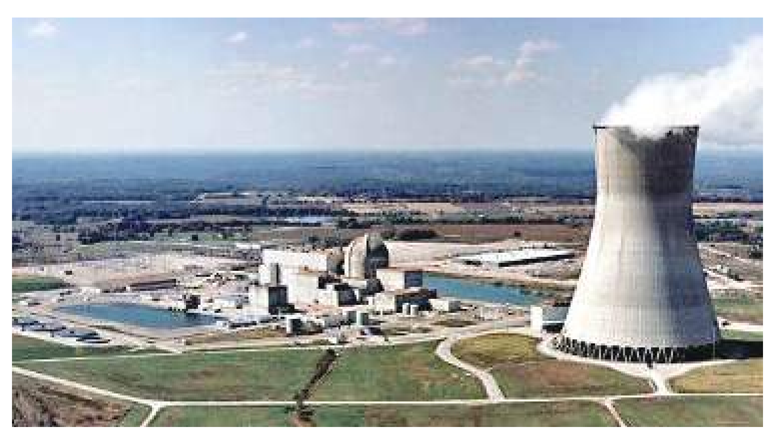
لوتأملت الصورة اعلاه هل فكرت بضخامة هذا الانفجار وكيف يحدث؟

في عام 1934 اكتشف عالم الماني ان انشطار ذرة اليورانيوم يحدث بسرعة مولداً كمية هائلة من الطاقة يمكن استخدامه باحداث انفجاراً هائلاً فالانشطار النووي **هو انشطار نواة ثقيلة الى نواتين متوسطتي الكتلة وتكوين عناصر جديدة مع تولد كميات ضخمة من الطاقة الحرارية والاشعاعية** ويستخدم نظيري اليورانيوم $^{235}_{92}U$ والبلوتونيوم $^{239}_{94}Pu$ كمواد نووية انشطارية كما في الشكل (5–13) . وقد يؤدي الانشطار النووي اذاترك بدون سيطرة الى انفجار هائل وهذا ما يحصل في انفجار القنبلة الذرية، والصورة اعلاه تبين الطاقة الهائلة المتولدة من انفجار القنبلة الذرية.



الشكل(5–13) انشطار نواة نظير اليورانيوم $^{235}_{92}U$.

من تطبيقات الانشطار النووي المفاعل النووي لانتاج الطاقة الكهربائية من خلال السيطرة على كمية الطاقة المتولدة اثناء حدوث الانشطار، والشكل (5–14) يوضح احدى المحطات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية.

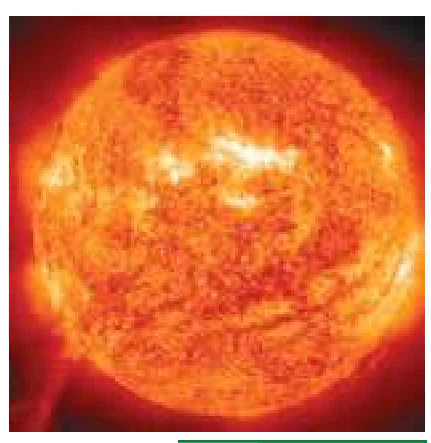


الشكل(5–14) محطة نووية لتوليد الطاقة الكهربائية .

5-11-4 الاندماج النووي Nuclear fusion :

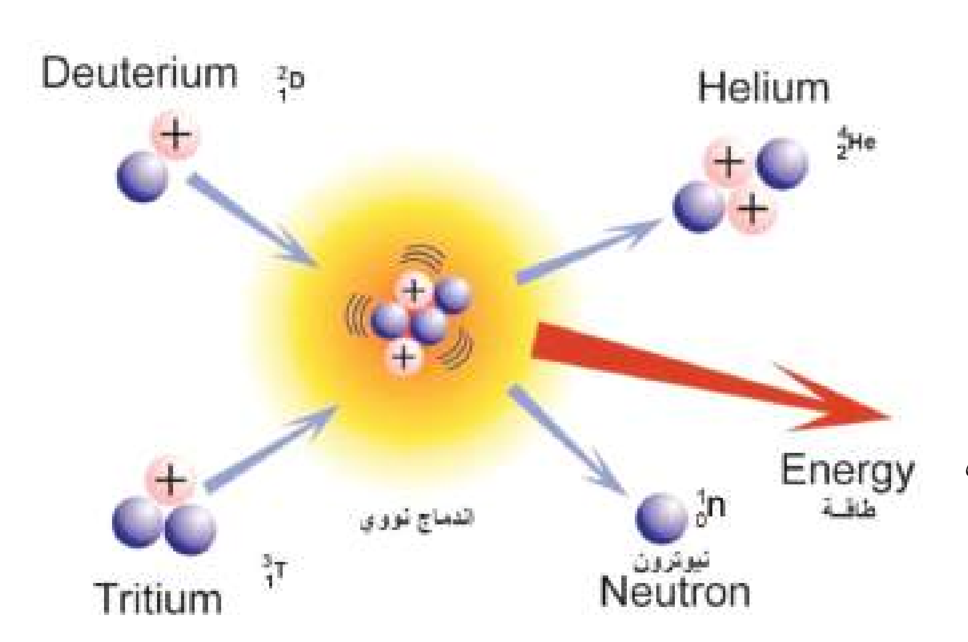
كلنا يعرف ان الشمس تمدنا بالطاقة اللازمة للحياة ولكن كيف تتكون هذه الطاقة؟

تحدث في الشمس تفاعلات عديدة ومنها تفاعل يسمى (الاندماج النووي) فمثلما نجد ان بعض الانوية الثقيلة قابلة على الانشطار فأن بعض الانوية الخفيفة قابلة على الاندماج فالاندماج النووي هو تفاعل يتم فيه اندماج نوى خفيفة لتكوين نوى اثقل ويحدث الاندماج للانوية الخفيفة لنظائر الهيدروجين الديوتيريوم ${}_{1}^{2}D$ والتريتيوم ${}_{1}^{3}T$ لانتاج نرة الهيليوم ${}_{2}^{4}He$ مع تحرر طاقة هائلة جداً وكما موضح في الشكل (5–15) .



التفاعلات الحاصلة في الشمس

$${}_{1}^{3}T + {}_{1}^{2}D \longrightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n + \text{طاقة}$$



الشكل(5–15) الاندماج النووي وتكوين نواة نرة الهيليوم ${}_{2}^{4}He$.

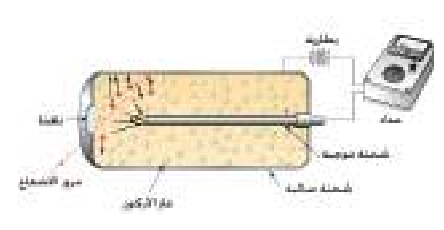
يحتاج الاندماج النووي الى طاقة عالية لحدوثه وعندما يحدث هذا الاندماج ينتج عنه انطلاق طاقة هائلة تظهر على شكل حرارة واشعاع كما يحدث في الشمس التي تمدنا بالحرارة والنور والحياة فبدون هذا التفاعل ماوجدت الشمس وماوجدت النجوم ولاحياة من دون تلك الطاقة المسماة طاقة الاندماج النووي ، والتي تكون اكبر بكثير مما يطلقه الانشطار النووي . والقنبلة الهيدروجينية تعتبر مثال على الاندماج النووي .

12-5 الكشف عن الاشعاع

يتم الاستدلال على وجود النشاط الاشعاعي للمواد المشعة بوسائل عديدة منها :

1-12-5 عداد كايكر Geiger Counter





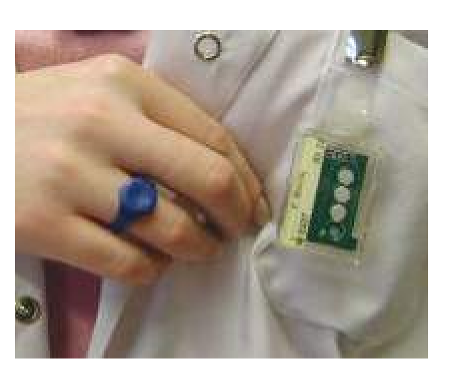


الشكل(5-16)
أ - جهاز عداد كايكر .
ب - اجزاء جهاز عداد كايكر .

يستعمل هذا العداد للكشف عن النشاط الاشعاعي للمواد المشعه في مختلف المجالات، الشكل (5-16) واساس عمل هذا الجهاز هو ان الاشعة النووية ذات الطاقة العالية تسبب تأين الغاز (غاز الاركون) الموجود في الجزء الحساس من هذا الجهاز وهذا التاين يتحول الى نبضات كهربائية تدير عداداً رقمياً او تولد صوتاً متقطعة يشير الى النشاط الاشعاعي الصادر من المادة المشعة.

2-12-5 الفلم الفوتوغرافي (الفلم باج) Film badge

عبارة عن شريحة من البلاستيك مغطاة بمادة بروميد الفضة AgBr التي تتأثر بكمية الاشعاع المار بالشريحة ويمكن قياس كمية الاشعاع من شدة تأثر هذه الشريحة بالمواد المشعة . ان هذه الشريحة تحفظ في علبة خاصة، الشكل (5-17) وتعلق في ملابس العاملين في الاماكن التي يوجد فيها النشاط الاشعاعي.



الشكل(5-17) احد العاملين في الاماكن التي فيها اشعاع يضع الفلم باج .

13-5 الجرعة الاشعاعية Radiation Dose

تمثل كمية الطاقة الاشعاعية الممتصة في وحدة الكتلة من الجسم وتقاس بوحدة الكري Gy (Gray)

$$1\ Gy = 1\ J/kg$$

وفي نظام اخر تقاس بوحدة الراد (Rad) حيث :

$$1\ Gy = 100\ Rad$$

14-5 الاشعاع المؤين Ionizing Radiation

ان جميع انواع الاشعاعات النووية ذات طاقة عالية جداً ولها قدرة على تأين المواد التي تمر بها. وعليه تعتبر اشعاعات مؤينة اضافة الى الاشعة السينية. ان الاشعاع المؤين هو شكل من اشكال الطاقة تكمن خطورته في انه لا يمكن رؤيته بالعين المجردة لكي يمكن تجنب التعرض له كما انه لايمكن للانسان ان يحس به كاحساسه بحرارة الشمس او النار مثلاً فيمكنه الابتعاد عنه وانما تتسلل الاشعاعات المؤينة الخفية الى الجسم وتنقل طاقتها اليه والتي قد تؤدي الى اضرار تتراوح بين عدة ساعات وعشرات السنين حسب الجرعة التي يتعرض لها الجسم ولهذه الاسباب كان من الضروري وضع مبادئ الوقاية من هذه الاشعاعات والتي منها اشعة اكس وكاما والاشعة الكونية وجسيمات بيتا والفا .

15-5 فعل الاشعاع المؤين على الجزيئات في الكائن الحي

1. مخاطر جسدية : تعمل على احداث انواع عديدة من السرطانات مثل سرطان الدم وسرطان النخاع وسرطان الغدة الدرقية وسرطان العظام وأورام خبيثة اخرى ، كما يعتبر هذا النوع من الاشعاع من العوامل التي تؤدي الى قصر العمر كما يؤدي الى اضعاف قابلية الاشخاص على مقاومة الامراض الاخرى او الالتهابات وثبت ان تعرض الجنين الى جرعة اشعاع مقدارها (1–5 Rad) تعتبر مسببة لسرطان الدم بعد الولادة .
2. مخاطر وراثية : يؤدي التعرض للاشعاعات المؤينة الى اضعاف القابلية على الاخصاب وربما العقم التام وكذلك حدوث الطفرات الوراثية كما ان التعرض للاشعاعات المؤينة يؤثر على نسبة الذكور من المواليد .

16-5 التحلل الاشعاعي للماء

يعتبر الماء المكون الاساسي للحياة والمذيب الاكثر توفراً في الطبيعة . وان تحلل الماء بوساطة الاشعاع سوف يؤدي الى تكوين ايونات الماء الموجبة والسالبة ثم تتحلل هذه الايونات

الى ايونات اخرى وجذور حرة ذات طاقة عالية تجعلها فعالة تعمل على الاتحاد مع مكونات الخلية محدثة تغييراً في مركباتها العضوية والاجزاء الحساسة في الخلايا (الكروموسومات). ولايعني حدوث الضرر الاشعاعي في الخلية او الانسجة بالضرورة الى تعطيل كل وظائف الخلية حيث للنسيج الحي او الخلايا القدرة على اصلاح الضرر الاشعاعي .

17-5 ارشادات الوقاية من الاشعاع

هناك ثلاث مفاهيم اساسية لحماية الانسان من الاشعاعات المؤينة التي يتعرض لها :

1. الزمن : مقدار التعرض الاشعاعي للشخص يزداد بزيادة زمن التعرض للمصدر الاشعاعي .
2. المسافة : يقل مقدار التعرض الاشعاعي للشخص بزيادة المسافة بين الشخص والمصدر المشع وتحديد المسافة الآمنة يعتمد على مقدار طاقة الاشعاع ومقدار النشاط الاشعاعي للمصدر .
3. الدرع الواقي : يقلل التعرض الاشعاعي بزيادة سمك الدرع الواقي حول الاشعاعات ويكون سمك الدرع تبعاً لنوع وطاقات الاشعاع .

اسئلة الفصل الخامس

1.5 عمر النصف للبولونيوم- 210 هو 138.4 يوما , ما كتلة البولونيوم- 210 بـ (mg) المتبقية بعد 415.2 يوما , اذا ابتدأت بـ 2 mg من النظير ؟

2.5 عمر النصف للكوبلت- 60 هو 5.27 سنوات، ما كتلة الكوبلت 60 المتبقية له بوحدة (mg) بعد 52.7 سنة اذا ابتدأت بـ 10 mg منه ؟

3.5 لماذا تكون دقائق الفا ذات الشحنة والكتلة الكبيرتين اقل اختراقاً من دقائق بيتا واشعة كاما ؟

4.5 أكمل ثم وازن المعادلات النووية الاتية وجد قيم اعداد الكتلة والعدد الذري للعنصر X في كل منها :

1) $^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{30}_{14}Si + x$

2) $^{214}_{83}Bi \rightarrow ^{4}_{2}He + x$

3) $^{27}_{14}Si \rightarrow ^{0}_{-1}e + x$

4) $^{59}_{27}Co + x \rightarrow ^{60}_{27}Co$

5.5 فيما يأتي نظائر مشعة تنحل بانبعاث دقيقة الفا، اكتب ناتج هذا الانحلال لكل نظير بمعادلات موزونة ؟

1) $^{238}_{94}Pu$

2) $^{210}_{83}Bi$

3) $^{218}_{84}Po$

4) $^{230}_{90}Th$

5) $^{222}_{86}Rn$

6.5 احسب طاقة الارتباط النووية لنواة عنصر البولونيوم $^{218}_{84}Po$ علماً ان كتلة البروتون 1.00728 amu وكتلة النيترون 1.00866 amu والكتلة الذرية للبولونيوم 219.213 amu .

7.5 ينحل النظير المشع لعنصر الرصاص Pb ليعطي نظير عنصر البزموث Bi مع انبعاث دقائق بيتا . أكمل معادلة الانحلال واوجد العدد الذري وعددالكتلةالمفقودين ؟

$^{210}_{?}Pb \rightarrow ^{?}_{83}Bi + ^{0}_{-1}e$

8.5 اكتب رمز وشحنة كل من :

1. دقائق الفا
2. دقائق بيتا
3. اشعة كاما

9.5 العناصر المشعة الآتية تنحل بانبعاث دقائق بيتا السالبة، اكتب معادلة نووية موزونة لعملية انحلال :

1. كاربون $^{14}_{6}C$
2. سترونتيوم $^{90}_{38}Sr$
3. بوتاسيوم $^{40}_{19}K$
4. نتروجين $^{13}_{7}N$

10.5 كيف يتأثر العدد الذري وعدد الكتلة للنواة في حالة انبعاث ؟

1. دقيقة الفا
2. دقيقة بيتا
3. اشعة كاما

11.5 بين الاختلاف بين النظائر المشعة وغير المشعة ؟

12.5 شخص النظير الاكثر استقراراً في كل من الازواج الاتية :

1. $^{12}_{6}C$, $^{14}_{6}C$
2. $^{3}_{1}H$, $^{1}_{1}H$
3. $^{16}_{8}O$, $^{18}_{8}O$
4. $^{14}_{7}N$, $^{15}_{7}N$

13.5 لماذا تستخدم النظائر المشعة ذات اعمار النصف القصيرة في التشخيص والمعالجة (في الطب) ؟

14.5 اعطي مريض جرعة مقدارها 20 mg من اليود 131 (^{131}I) كم سيبقى من هذا النظير في الجسم بعد 40 يوما اذا علمت ان عمر النصف له 8 يوم ؟

15.5 اشرح تفاعل الانشطار النووي وكيفية حدوثه ؟

16.5 ماهو الفرق بين التفاعل النووي الحاصل في الشمس والتفاعل النووي الحاصل في المفاعل النووي ؟

17.5 ما الفائدة او الغرض من استخدام الفلم باج عند العمل مع المصادر المشعة المؤينة؟

18.5 اختر الجواب الصحيح :

1. اذا انحل عنصر مشع بانبعاث دقيقة بيتا:

أ . يتغير العدد الذري .

ب . يبقى عدد النيوترونات ثابتا .

جـ . يفقد النظير بروتونا .

د . يتغير عدد الكتلة .

2. العنصر المشع رادون ^{222}Rn له عمر نصف 3.8 يوم . ماهي الكمية المتبقية من 20g من هذا العنصر بعد 15.2 يوم ؟

أ . 5.0 g

ب . 12.5 g

جـ . 1.25 g

د . 2.50 g

19.5 ما هي الدقيقة التي تحتاجها المعادلة التالية لموازنتها :

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow ? + ^{30}_{15}P$$

20.5 سمي الدقيقة المنبعثة او القاصفة في كل تفاعل في المعادلات الآتية :

$$1)\ ^{59}_{26}Fe \rightarrow ^{59}_{27}Co + ^{0}_{-1}e$$

$$2)\ ^{59}_{27}Co + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{60}_{27}Co$$

21.5 كيف يتم الحصول على الماء الثقيل؟

22.5 ما الفرق بين الخواص الكيميائية والخواص النووية ؟

23.5 اختر الجواب الصحيح من بين الاقواس:

1. في الرمز $^{A}_{Z}X$ ان A يمثل (العدد الذري او عدد الكتلة او عدد النيوترونات او عدد الالكترونات)

2. اليورانيوم ^{238}U يمثل الرقم 238(عدد النيوترونات , عدد الكتلة، عدد البروتونات, العدد الذري)

3 . $^{2}_{1}D$ يمثل نظير الهيدروجين (الاعتيادي او الاثقل او الثقيل او ليس له علاقة)

4. يمكن ايقاف دقائق بيتا بوساطة (الورق او الهواء او قطعة من الخشب)

5 . في المعادلة النووية

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ? + ^{0}_{0}\gamma$$

ان العلامة ؟ تمثل ($^{1}_{1}H$ أو $^{3}_{1}T$ أو $^{1}_{0}n$ أو $^{4}_{2}He$)

6. عمر النصف للبولونيوم $^{218}_{84}Po$ هو 3 دقائق فاذا كان لديك كمية من البولونيوم 218 كتلتها 60 g فكم سيبقى منها(بوحدة g) بعد مرور 9 دقائق . (60 او 7.5 او 15 او 30) .

7. عندما تشع نواة عنصر ما جسيم بيتا السالب فان(عدد الكتلة ثابت و العدد الذري ينقص ، عدد الكتلة ثابت و العدد الذري يزيد ــ عدد الكتلة ثابت و العدد الذري ثابت ــ عدد الكتلة ينقص والعدد الذري ينقص) .

24.5 علل ماياتي :

1 – تؤين دقيقة ألفا ذرات الهواء عند مرورها فيه

2 – تنحرف جسيمات الفا في المجالين الكهربائي و المغناطيسي

3 – لا تتأثر اشعة كاما بالمجالين الكهربائي و المغناطيسي ولاتسبب تأين الغازات .

4 – قدرة أشعة كاما على النفاذ اكبر بكثير من قدرة نفاذ جسيمات الفا أو بيتا

5 – وجود البروتونات الموجبة الشحنة ضمن النواة دون أن تتنافر .

6 – خطورة الجذور الحرة المتكونة نتيجة التحلل الاشعاعي للماء .

25.5 ما المقصود بكل من :

1) عمر النصف

2) النشاط الإشعاعي لعنصر مشع .

3) عنصر البنت الوليدة .

26.5 أكمل ما ياتي:

1 – من الأجهزة المستخدمة في الكشف عن الإشعاعات النووية ....

2 – يتحول نظير الرصاص $^{210}_{82}Pb$ إلى نظير البزموت $^{210}_{83}Bi$ عندما تشع نواته ....

3 – تسمى عملية اتحاد نواتين خفيفتين لتكوين نواة ثقيلة ....

4 – ان معدل النشاط الاشعاعي لعينة مشعة لايتأثر .... ولكنه يتوقف فقط على ....

5 – تدعى عدد الانحلالات التي تحدث في الثانية من الزمن .... وتقاس بوحدة ....

6 – تنحل النويات الاكثر استقراراً .... ولها عمر نصف .... اما الاقل استقراراً فتنحل .... ويكون لها عمر نصف ....

27.5 اذكر اثنين من الأضرار الناتجة عن تعرض الجسم للإشعاعات النووية .

28.5 يشكل $^{14}_{7}N$ نسبة 99.63 % من مجموع النتروجين في الطبيعة اما $^{15}_{7}N$ فيشكل ما نسبته 0.37 % . احسب الكتلة الذرية للنتروجين ؟

29.5 ماعدد البروتونات و النيوترونات و الالكترونات في ذرة كل نظير من النظائر الاتية :

1) $^{38}_{19}K$

2) $^{235}_{92}U$

3) $^{68}_{31}Ga$

4) $^{13}_{7}N$

5) $^{59}_{26}Fe$

الجدول (1) الوحدات وعوامل التحويل SI Units and Conversion Factors

الكتلة (Mass) SI Unit: kilogram (kg)

1 kilogram =1000 grams (1 kg = 1000 g)

1 amu(وكذ) = 1.66×10^{-27} kg

amu (وحدة كتلة ذرية)

الزمن (Time) SI Unit: second (s)

1 hour (h) = 60 minutes (min)

1 hour (h)= 3600 seconds (s)

الطاقة (Energy) SI Unit : Joule(J)

1 Joule (J) = 1 kg . m^2/s^2 (exact)

1 calorie (cal)= 4.184 Joules (J)

الضغط (Pressure) SI Unit: Pascal (Pa)

1 atmosphere (atm) = 101.325 Pascal (Pa)

1 atmosphere(atm) = 760 mm Hg = 760 Torr

1 mmHg =1 Torr

الطول (Length) SI Unit: meter (m) المتر

1 kilometer(km) =1000 meter(m)

1 mile = 1.61 kilometer (km)

1 meter(m)=100 centimeter (cm)

الحجم (Volume) SI Unit: cubic meter المكعب(m^3) المتر

1 liter (L) = 10^{-3} $meter^3$ (m^3)

1 liter(L) =1000 milliliter(mL)

1 liter(L)= 1000 $centimeter^3$ (cm^3)

1 milliliter (mL) =1$centimeter^3$ (cm^3)

درجة الحرارة (Temperature) SI Unit: Kelvin (K)

T Kelvin(K) =t Celsius (°C) +273

°F Fahrenheit = $\frac{9}{5}\times$ t Celsius (°C) +32

Oher Symbols and abbreviations (المختصرات العلمية)

α alpha particals (دقائق الفا)	h hour (ساعة)	mL milliter (volume) (حجم) مللتر
β beta particals (دقائق بيتا)	J Joule(energy)(وحدة طاقة) جول	mm millimeter (length) (طول) ملمتر
γ gamma rays (اشعة كاما)	K Kelvin (temperature) (حرارة)	mole (amount) (كمية)مول
atomic mass unit (amu) (وحدة كتلة ذرية)	kg kilogram (mass) (كتلة) كيلو غرام	(mp) melting point نقطة انصهار
(aq) aqueous solution (محلول مائي)	kPa kilopascal (pressure) (ضغط) كيلو باسكال	n° neutron نيوترون
(atm) atmosphere (pressure)(وحدة ضغط)	L liter (volume) (حجم) لتر	n number of moles عدد المولات
bp boiling point(نقطة الغليان)	(l) liquid (سائل)	n principal quantum number عدد الكم الرئيسي
°C degree Celsius (temperature)(درجة سيليزية)	M molar mass الكتلة المولية	P pressure ضغط
C Speed of light in vacunm (سرعة الضوء)	m meter (length) (طول)متر	p^+ proton بروتون
cm centimeter (lenght)(سنتيمتر وحدة الطول)	m mass كتلة	Pa pascal (pressure) باسكال ضغط
E energy(الطاقة)	V volume حجم	R ideal gas constant ثابت الغاز المثالي
e^- electron(الكترون)	$t_{1/2}$ half– life time زمن عمر النصف	s second ثانية
g gram (mass)(وحدة الكتلة) غرام	T temperature درجة حرارة	(s) solid صلب
(g) gas (غاز)	STP Standard Temperature and Pressure الظروف القياسية	SI international System of Units النظام الدولي للوحدات

العناصر ورموزها واعدادها الذرية واعداد كتلتها

العنصر	الرمز	العدد الذري	عدد الكتلة	العنصر	الرمز	العدد الذري	عدد الكتلة
Actinium	Ac	89	227	Einsteinium	Es	99	254
Aluminium	Al	13	27	Erbium	Er	68	167
Americium	Am	95	243	Europium	Eu	63	152
Antimony	Sb	51	122	Fermium	Fm	100	253
Argon	Ar	18	40	Fluorine	F	9	19
Arsenic	As	33	75	Francium	Fr	87	223
Astatine	At	85	210	Gadolinium	Gd	64	157
Barium	Ba	56	137	Gallium	Ga	31	70
Berkelium	Bk	97	247	Germanium	Ge	32	53
Beryllium	Be	4	9	Gold	Au	79	197
Bismuth	Bi	83	209	Hafnium	Hf	72	178
Boron	B	5	11	Helium	He	2	4
Bromine	Br	35	80	Holmium	Ho	67	165
Cadmium	Cd	48	112	Hydrogen	H	1	1
Calcium	Ca	20	40	Indium	In	49	115
Californium	Cf	98	249	Iodine	I	53	127
Carbon	C	6	12	Iridium	Ir	77	192
Cerium	Ce	58	140	Iron	Fe	26	56
Cesium	Cs	55	133	Krypton	Kr	36	84
Chlorine	Cl	17	35	Lanthanum	La	57	139
Chromium	Cr	24	52	Lawrencium	Lr	103	259
Cobalt	Co	27	59	Lead	Pb	82	207
Copper	Cu	29	63	Lithium	Li	3	7
Curium	Cm	96	245	Lutetium	Lu	71	175
Dysperosium	Dy	66	163	Magnesium	Mg	12	24

العناصر ورموزها واعدادها الذرية واعداد كتلتها

عدد الكتلة	العدد الذري	الرمز	العنصر	عدد الكتلة	العدد الذري	الرمز	العنصر
101	44	Ru	Ruthenium	55	25	Mn	Manganese
150	62	Sm	Samarium	256	101	Md	Mendelevium
45	21	Sc	Scandium	201	80	Hg	Mercury
79	34	Se	Selenium	96	42	Mo	Molybdenum
28	14	Si	Silicon	144	60	Nd	Neodymium
108	47	Ag	Silver	20	10	Ne	Neon
23	11	Na	Sodium	237	93	Np	Neptunium
79	38	Sr	Strontium	59	28	Ni	Nickel
32	16	S	Sulfur	93	41	Nb	Niobium
181	73	Ta	Tantalum	14	7	N	Nitrogen
99	43	Tc	Technetium	253	102	No	Nobelium
128	52	Te	Tellurium	190	76	Os	Osmium
159	65	Tb	Terbium	16	8	O	Oxygen
204	81	Tl	Thallium	106	46	Pd	Palladium
232	90	Th	Thorium	31	15	P	Phosphorus
169	69	Tm	Thulium	195	78	Pt	Platinum
119	50	Sn	Tin	242	94	Pu	Plutonium
48	22	Ti	Titanium	210	84	Po	Polonium
184	74	W	Tungsten	39	19	K	Potassium
238	92	U	Uranium	141	59	Pr	Praseodymium
51	23	V	Vanadium	145	61	Pm	Promethium
131	54	Xe	Xenon	231	91	Pa	Protactinium
173	70	Yb	Ytterbium	226	88	Ra	Radium
89	39	Y	Yttrium	222	86	Rn	Radon
65	30	Zn	Zinc	186	75	Re	Rhenium
91	40	Zr	Zirconium	103	45	Rh	Rhodium